

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**  
**FAKULTA TEXTILNÍ**

## Diplomová práce

Liberec 2008

Bc. Pavla Šindelářová

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI  
FAKULTA TEXTILNÍ

**Vlastnosti přízí z regenerovaných vláken bavlny**  
Characteristics of yarns made of regeneration cotton fibres

Liberec 2008

Bc. Pavla Šindelářová

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilní

Katedra textilních technologií

Akademický rok: 2007/2008

## **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a přímení: **Bc. Pavlu Šindelářovou**

Studijní program: **N3106 Textilní inženýrství**

Studijní obor: **Textilní a oděvní technologie**

Vedoucí katedry Vám ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb. O vysokých školách určuje tuto diplomovou práci:

**Název tématu: Vlastnosti přízí z regenerovaných vláken bavlny**

### **Zásady pro vypracování**

1. Porovnejte používané postupy regenerace bavlněných vláken a jejich využití. Popište strojní zařízení, které je v současné době k dispozici. Zaměřte se také na vlastnosti bavlněných surovin, které ovlivňují spřadatelnost. Určete vliv vlastností surovin na strukturu a vlastnosti příze.
2. Na vzorcích standardních a recyklovaných bavlněných surovin a přízí dodaných z Veba Textilních závodů a.s. proveďte měření vybraných vlastností. Jedná se především o hodnocení jemnosti, délky a pevnosti vláken( HVI, AFIS, vibroskop, atd.) U přízí hodnoťte počet vláken v průměru, zaplnění, kvalitu promísení komponent, chlupatost, atd.)
3. Porovnejte vlastnosti standardních a recyklovaných surovin a přízí. Stanovte doporučení pro využití recyklovaných poloproduktů a přízí.

## Prohlášení

Prohlašuji, že předložená *diplomová (bakalářská)* práce je původní a zpracoval/a jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušil/a autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním *diplomové (bakalářské)* práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byl/a jsem seznámen/a s tím, že na mou diplomovou (*bakalářskou*) práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé diplomové (*bakalářské*) práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé diplomové (*bakalářské*) práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom/a toho, že užít své diplomové (*bakalářské*) práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci, dne 4. 1. 2008

.....

Podpis

## Poděkování

Chtěla bych poděkovat své vedoucí diplomové práce doc. dr. ing. Daně Křemenákové za vedení a cenné informace, které mně byly nápomocny při psaní této práce, konzultantce ing. Pavle Vozkové za poskytnuté informace, ing. Luděku Bilíkovi a Milanu Hauschkemu za pomoc při řešení rešeršní části týkající se textilních odpadů a jejich zpracování a možnosti nahlédnout do „tajů“ výroby při zpracování textilních odpadů zpět do přízí, laborantkám Textilní fakulty, katedry textilních technologií a textilních materiálů za umožnění měření jednotlivých vlastností surovin a přízí a pomoc při jejich realizaci, ing. Ferklovi z Výzkumného ústavu bavlnářského za umožnění měření vlastností poloproduktu na lince HVI a v neposlední řadě také prof. ing. Petru Ursínymu, DrSc. za pomoc při vyhodnocování nestejnoměrnosti příze.

Za to vše výše jmenovaným ještě jednou děkuji.

## Anotace

Diplomová práce je zaměřena na hodnocení vybraných vlastností surovin a přízí z regenerovaných vláken bavlny.

Rešeršní část se věnuje vzniku odpadů, jejich třídění, technologickému postupu zpracování při zpětném získávání vláken a jejich uplatnění při výrobě přízí. Zabývá se základními vlastnostmi bavlněné suroviny, které ovlivňují spřadatelnost a mají vliv na strukturu a vlastnosti příze.

Experimentální část je zaměřena na měření vybraných vlastností poloproductu (pramene) a jednoduchých rotorových přízí vyrobených ze 100% průmyslových textilních odpadů (odstřížků tkanin, pletenin, kousků přízí) a 100% bavlny. U vláken je hodnocena délka, jemnost, zralost, pevnost a tažnost. U přízí jemnost, zaplnění, počet vláken v průřezu, nestejnomyšnost, chlupatost, pevnost a tažnost. Zjištěné parametry jednotlivých vlastností jsou vzájemně porovnány nejen z hlediska materiálového složení, ale pokud bylo použito více metod, i z hlediska použité metody.

## Annotation

This diploma thesis is focused on classification of selected characteristics of raw materials and yarns made of recycled cotton threads.

Background research deals with creation of scraps, their sorting, and the description of techniques used for regeneration of cotton threads and their use in yarn production. It also describes cotton raw material characteristics, that influence its ability to be twisted and impact the structure and characteristics of yarns.

The experimental part focuses on measuring selected characteristics of semi-product (strand) and plain rotor yarn made of industrial textile scrap (textile cutoffs, knitted fabrics, scraps of yarn) and 100% cotton. The measuring of strand includes length, fineness, maturity, tenacity and elongation. The measuring of yarn includes fineness, packing density, count of strands in section, irregularity, hairiness, tenacity and elongation. Ascertained parameters of the particular characteristics were not only compared with each other from material perspective, but were even compared from the perspective of the method that had been used.

## Klíčová slova

regenerovaná bavlna – regeneration cotton

délka - length

jemnost – fineness

zaplnění – packing density

chlupatost příze – yarn hairiness

pevnost – tenacity

tažnost - elongation

## Obsah:

Pr o h l á š e n í.....	3
Poděkování.....	4
Anotace.....	5
Klíčová slova.....	6
Obsah:.....	7
Význam zkratk: .....	10
Úvod .....	14
1. Rešeršní část.....	15
1.1 Odpady.....	15
1.2 Zpracování odpadů .....	16
1.2.1 Třídění.....	17
1.2.2 Čištění .....	17
1.2.3 Recyklační linka .....	18
1.2.4 Rozvolňování, mísení .....	25
1.2.5 Maštění a lůžkování.....	27
1.2.8 Mykání a protahování .....	28
1.2.9 Dopřádání.....	30
1.3 Využití odpadů.....	33
1.3.1 Textilní průmysl.....	33
1.3.2 Ostatní průmysl.....	33
1.4 Hodnocení trhaniny a poloproduktu vyrobených z odpadů.....	34
1.5 Vlastnosti vláken a přízí .....	35
1.5.1. Struktura a vlastnosti bavlněných vláken .....	35
1.5.1.1 Délka.....	36
1.5.1.2 Jemnost .....	37
1.5.1.3 Zralost .....	40
1.5.1.4 Pevnost a tažnost.....	41
1.5.2 Struktura a vlastnosti přízí .....	43
1.5.2.1 Jemnost .....	44
1.5.2.2 Zaplnění a porozita .....	44
1.5.2.3 Průměr.....	45



1.5.2.4 Zákrut.....	46
1.5.2.5 Nestejnoměrnost .....	47
1.5.2.6 Chlupatost .....	49
1.5.2.7 Pevnost a tažnost.....	51
1.5.3 AFIS a HVI.....	52
1.5.3.1 AFIS .....	53
1.5.3.2 HVI .....	55
1.6 Hodnocení jednotlivých vlastností.....	56
1.7 Komplexní kritérium hodnocení jakosti .....	56
2. Experimentální část.....	58
2.1. Příprava vzorků ke zkouškám.....	58
2.2 Statistické zpracování dat .....	59
2.3 Testování suroviny R8 .....	59
2.3.1 Vyhodnocení suroviny R8 .....	61
2.4 Testování poloproduktu - pramene .....	62
2.4.1 Délka vláken .....	62
2.4.1.1 Metoda přímá.....	62
2.4.1.2 Metoda nepřímá .....	66
2.4.1.3 Vyhodnocení délky vláken .....	68
2.4.2 Jemnost vláken.....	70
2.4.2.1 Vyhodnocení jemnosti vláken .....	72
2.4.3 Zralost .....	73
2.4.3.1 Vyhodnocení zralosti .....	73
2.4.4 Pevnost a tažnost.....	75
2.4.4.1 Pevnost a tažnost jednotlivých vláken .....	75
2.4.4.2 Svazková pevnost .....	76
2.4.4.3 Vyhodnocení pevnosti a tažnosti .....	79
2.5 Testování příze.....	80
2.5.1 Jemnost příze .....	80
2.5.1.1 Vyhodnocení jemnosti .....	81
2.5.2 Zaplnění příze .....	82
2.5.2.1 Vyhodnocení zaplnění příze .....	83
2.5.3 Nestejnoměrnost .....	84

2.5.3.1 Vyhodnocení nestejnoměrnosti.....	85
2.5.4 Chlupatost .....	87
2.5.4.1 Vyhodnocení chlupatosti .....	88
2.5.5 Pevnost a tažnost příze.....	89
2.5.5.1 Vyhodnocení pevnosti a tažnosti .....	92
2.6 Souhrnné vyhodnocení a diskuze .....	93
2.6.1 Vyhodnocení vlastností z hlediska materiálového složení .....	93
2.6.1.1 Diskuze .....	93
2.6.2 Vyhodnocení komplexního kritéria jakosti.....	96
3. Závěr.....	97
Seznam obrázků: .....	98
Seznam tabulek: .....	100
Literatura: .....	101
Přílohy .....	104

### Význam zkratk:

$A$  – velikost sekundární stěny [ $\text{mm}^2$ ]

AFIS - Advanced Fiber Information System („ucelený informační systém o vláknech“)

$\alpha$  - Köchlinův zákrutový koeficient [ $\text{m}^{-1} \cdot \text{ktex}^{1/2}$ ]

$\alpha_m$  – Phrixův zákrutový koeficient [ $\text{m}^{-1} \cdot \text{ktex}^{2/3}$ ]

$CV$  – kvadratická nestejnoměrnost [%]

$CV_f$  – výrobní nestejnoměrnost [%]

$CV_{lim}$  – limitní hmotná nestejnoměrnost [%]

$CV_m$  – strojová nestejnoměrnost [%]

$d$  – průměr vlákna kruhového průřezu [mm]

$d_e$  - ekvivalentní průměr vlákna [mm]

$d_{ef}$  - efektivní průměr vlákna [mm]

$D$  – průměr příze kruhového průřezu [mm]

$D_s$  – substanční průměr příze [mm]

$\Delta l$  - maximální protažení [%]

$\varepsilon$  - tažnost vláken [%]

$\varepsilon_p$  - tažnost příze [%]

$F$  – pevnost vláken [cN]

$f_s$  - poměrná pevnost svazku vláken [cN/tex]

$F_s$  – svazková pevnost vláken [cN]

$\gamma$  - hustota příze [ $\text{kg/m}^3$ ]

$H$  – předepsaná užitná hodnota vlastnosti pro právě vyhovující bavlnu ( $u_i = 1$ )

$H_p$  - chlupatost příze [-]

HVI – High Volume Instrument

$I$  – index jakosti (u nestejnoměrnosti) [-]

IFC (Immature fiber content) – obsah nezralých vláken je procentuální vyjádření podílu vláken se zralostí nižší 0,25 kruhovitostí [%]

$IS$  – 95% interval spolehlivosti pro danou vlastnost

$\kappa$  - intenzita zákrutu [-]

$k_n$  – koeficient počtu vláken v přízi [-]

$k_s$  – součinitel migrace [-]

$L$  – předepsaná hodnota užité vlastnosti pro právě nevyhovující bavlnu ( $u_i = 0,1$ )  
 $L(n)$  – průměrná délka vláken počítaná na základě počtu vláken ve vzorku, vyjadřuje se v [mm] nebo variačním koeficientem střední délky vláken [% CV] (AFIS)  
 $l_p$  – délka příze [km]  
 $l_v$  – délka vláken [km]  
 LVI – Low Volume Instrument  
 $L(w)$  – průměrná délka všech vláken počítaná na základě váhy vzorku vyjádřená v [mm] variačním koeficientem průměrné délky vláken [% CV] (AFIS)  
 $l_0$  - upínací délka [mm]  
 $L1$  – délka 50% vláken (Autosampler, HVI)  
 $L2$  – délka 2,5% vláken (Autosampler, HVI)  
 $\lambda$  - vlnová délka [m]  
 $\lambda_p$  - příslušná vlnová délka [m]  
 $m$  – hmotnost [mg]  
 Mat Ratio - zralost  
 max – maximální naměřená hodnota  
 $Mi$  – jemnost vláken v [micronairech]  
 min – minimální naměřená hodnota  
 $m_p$  – hmotnost příze [g]  
 $m_s$  – hmotnost svazku vláken [mg]  
 $m_v$  – hmotnost vláken [g]  
 $\mu$  - zaplnění [-]  
 $\mu_{ef}$  - efektivní zaplnění [-]  
 $\mu_h$  - zaplnění na hustotním průměru [-]  
 $\mu_k$  - zaplnění na krycím průměru [-]  
 $n$  - celkový počet vláken  
 Nep – počet nopků, vyjadřuje se celkovým počtem nopků vztažených na gram [Cnt/g] nebo střední velikostí všech nopků [ $\mu\text{m}$ ]  
 $n_f$  - frekvence otáčení [1/min]  
 $n_m$  - počet mrtvých vláken  
 $n_p$  - počet polozralých vláken

$n_r$  - reálný počet vláken v průřezu příze  
 $n_v$  - počet vláken ve svazku  
 $n_z$  - počet zralých vláken  
 $P$  – průtah [-]  
 $PI$  – Pressleyho index  
 $PO$  – potěradlový odpad  
 $P_v$  - obvod příčného řezu vlákna [mm]  
 $r_{ef}$  - efektivní poloměr příze [mm]  
 $R_L$  - rozpětí ([ ] rozměr dle potřeby)  
 $R8$  – označení 100%-ní regenerované bavlny (vlákna získaná zpracováním bavlněných průmyslových textilních odpadů)  
 $\rho$  – měrná hmotnost vláken [kg/m<sup>3</sup>]  
 $S$  – substanční průřez příze [mm<sup>2</sup>]  
 $s_{( )}$  - směrodatná odchylka (index a rozměr podle sledované vlastnosti)  
 $s^2_{( )}$  - rozptyl (index a rozměr podle sledované vlastnosti)  
 $S_c$  - celkový průřez příze [mm]  
 $SCN$  – počet semenných nopků [Cnt/g], velikost semenných nopků [μm]  
 $s_h$  - směrodatná odchylka chlupatosti příze (Uster Tester 4) [-]  
 $SFC$  (n, w) – procentuální počet vláken počítaný na základě počtu vláken ve vzorku (n) nebo na základě váhy vzorku (w), která jsou kratší než 12,7 mm [%]  
 $\bar{S}_r$  - průměrná hodnota souhrnné plochy všech vláken v příčném řezu příze [mm<sup>2</sup>]  
 $s_v$  - plocha příčného řezu vlákna [mm<sup>2</sup>]  
 $s_z$  - stupeň zralosti  
 $\sigma$  - napětí [cN/tex]  
 $\tau$  – poměrná jemnost [1]  
 $T_p$  – jemnost příze [tex]  
 $t_v$  – jemnost vláken [tex]  
 $\bar{t}_v$  - průměrná jemnost vláken [tex]  
 $t_{vs}$  – jemnost vlákenného svazku [tex]  
 $U$  – lineární nestejnomyšnost [%]  
 $U^*$  - užitná hodnota vlastnosti

$UHM$  - průměrná délka 50% nejdelších vláken (z linky HVI) [mm]

$u_i$  - dílčí úroveň jakosti

$UI$  – index stejnoměrnosti (HVI) [%]

$UQL(w)$  – horní kvartilová délka vláken (délka, kterou překračuje 25% vláken) [mm]

$UQM$  – průměrná délka nejdelších vláken (Autosampler) [mm]

$UR$  (Uniformity Ratio) - stejnoměrnost staplu

$v$  – výstupní rychlost ze stroje [m/min]

$VAI$  - výčesky

$V_c$  – celkový objem textilního útvaru (příze) [m<sup>3</sup>]

$V_v$  – objem vláken [m<sup>3</sup>]

$w_i$  – váhy pro rotorovou přízi

$x$  – sledovaná vlastnost

$x_D$  – dolní hranice

$x_H$  – horní hranice

$Z_p$  – zákrut příze [1/m]

5 % – délka vláken počítaná na základě počtu vláken ve vzorku, kterou překračuje 5% vláken [mm]

2,5 % – délka vláken počítaná na základě počtu vláken ve vzorku, kterou překračuje 2,5% vláken [mm]

# Úvod

Obecně se pod pojmem recyklace rozumí navrácení „produktu“ zpět do procesu zpracování, ve kterém vznikl.

Z údajů Českého statistického úřadu [35] vyplývá, že v ČR došlo za poslední tři roky k výraznému poklesu využití textilních odpadů jako druhotné suroviny<sup>1)</sup>. Zatímco v roce 2004 bylo využito 7 068 t odpadů, v roce 2005 nastal pokles téměř o 96 % (pouze na 260 t) a v roce 2006 bylo využito už jen 195 t textilního odpadu. Výrazný pokles byl pravděpodobně způsoben velkým úpadkem textilních firem v ČR (převážně přádelen a tkalcoven). [35]

Cílem této práce je shromáždit dostupnou literaturu a poznatky týkající se problematiky vlastností přízí z regenerovaných vláken bavlny. Měřením na vzorcích standardních a recyklovaných bavlněných surovin a přízí zjistit vybrané vlastnosti. U suroviny jde především o zjištění délky, jemnosti, zralosti, pevnosti a tažnosti vláken (AFIS, HVI, vibroskop, atd.), u přízí počet vláken v příčném řezu příze, zaplnění, jemnosti, hodnocení nestejnoměrnosti, chlupatosti, pevnosti a tažnosti. Naměřené údaje jednotlivých měření statisticky vyhodnotit a navrhnout doporučení pro využití recyklovaných poloproduktů a přízí.

---

<sup>1)</sup> pojem pouze teoretický, v rámci Evropské unie, jehož je ČR členem, pojem „druhotná surovina“ nemá žádný právní význam, materiály buď odpadem jsou nebo nejsou [38]; dle ČSN 80 1900 [32] je to souhrnný název pro textilní odpady, použitelné buď přímo, nebo po zušlechtnění pro zpracování na textilní výrobky

# 1. Rešeršní část

## 1.1 Odpady

„Odpadem (dle zákona č. 185/2001 o odpadech) je každá movitá věc, které se osoba zbavuje nebo má úmysl nebo povinnost se jí zbavit a přísluší do některé ze skupin odpadů uvedených v Příloze č. 1 k zákonu č. 185/2001 Sb.“

Za textilní odpad je považován takový odpad, který vznikl v textilním průmyslu při přeměně textilních surovin (vláken) do konečných textilních produktů (např. příze, tkaniny, pleteniny, oděvů,...). Podle původu vzniku se člení na průmyslové a sběrové. Průmyslové textilní odpady jsou tvořeny převážně prvotními odpady, vznikají v přádelnách (viz. Příloha 1, str. 1), tkalcovnách (viz. Příloha 1, str. 2), pletárnách, střihačských a šicích dílnách oděvních a pletařských závodů (jsou to např. *textilní vlákna*, která jsou během procesu zpracování vyloučena, *odstřižky přízí*, souhrnně označovaných nitě, různých délek, *odstřižky tkanin a pletenin*,...). Sběrové odpady jsou tvořeny druhotnými odpady. Získávají se sběrem již použitých textilních výrobků např. z domácností (obnošené, poškozené nebo z užívání vyřazené oděvní části, bytové textilie,...). Vyloučeny jsou textilie znečištěné, napuštěné škodlivými látkami nebo jsou-li spojeny s jiným netextilním materiálem (např. pryží, plasty). [33]

Každý, kdo vyrábí výrobky je povinen předcházet vzniku nevyužitelných odpadů. Pokud nelze zabránit jejich vzniku, měl by se snažit omezovat jejich množství a zajistit přednostně jejich využití (odpovídající činnosti uvedené v Příloze č. 3 k zákonu č. 185/2001 Sb.) před odstraněním (odpovídající činnosti uvedené v Příloze č. 4 k zákonu č. 185/2001 Sb.). Při odstraňování nesmí dojít k ohrožení lidského zdraví a životního prostředí a použité způsoby musí být v souladu se zákony<sup>2)</sup>. [35]

---

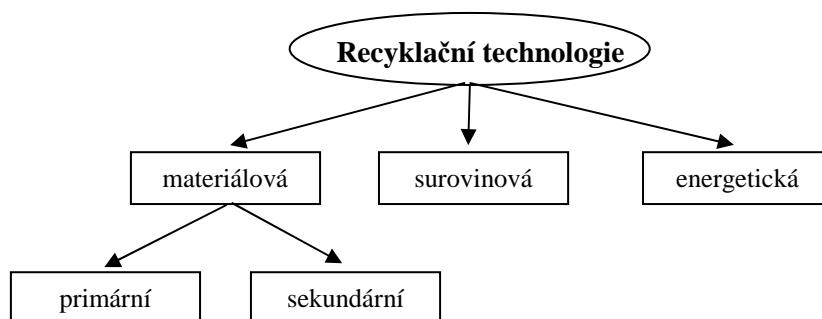
<sup>2)</sup> zákon č. 185/2001 Sb. o odpadech a zákon č. 114/1992 Sb. ochraně přírody a krajiny



## 1.2 Zpracování odpadů

Povaha textilních odpadů závisí na typu textilního provozu, na používaných technologiích a na zpracovávaných vláknech. Jejich znalost v kvantitativním a kvalitativním výskytu je základním předpokladem pro rozhodování o jejich využití a zároveň pro stanovení procesu úpravy odpadu na druhotnou surovinu. Dle [1] nachází uplatnění přibližně 50% v původní formě (výrobky se za odpad nepovažují, prodávají se do méně rozvojových zemí, kde plní dál svoji funkci), 21% se zpracovává do trhanin (výroba přízí, netkaných textilií), 17% se využije jako čisticí textilie a zbývajících 12% se rozemele (rozdrtí) a zpracuje v netextilním průmyslu (např. ve stavebnictví)<sup>3)</sup>. [12]

Vhodná recyklační technologie (obr. 1) se volí se zřetelem na původ, složení a množství textilního odpadu. Materiálová recyklační technologie bude mít vždy přednost před surovinovou nebo energetickou. Umožňuje mechanicky trháním, drcením nebo mletím zpracovat odpad zpět a získat tak *stejný produkt* (např. textilní odpad => vlákno => textil) nebo chemickým rozkladem (dojde ke změně fyzikálních i chemických vlastností) vyrobit *nový produkt* (např. olej, plyn, kompost,...). [1]



Obr. 1 Recyklační technologie

Následující kapitoly jsou věnovány jednotlivým technologickým postupům (uvedeny v Příloze 1, str. 3 a 5) využívaných při mechanickém zpracování průmyslových odpadů (vláknenných, nit'ových a odstřížků) do přízí.

---

<sup>3)</sup> tyto údaje jsou pouze orientační

### 1.2.1 Třídění

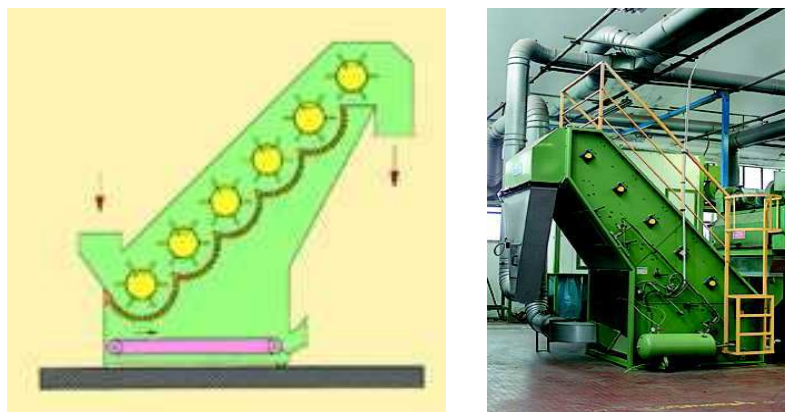
Odloučené textilní odpady si víceméně zachovávají vlastnosti i znaky původní suroviny. Na základě jejich místa vzniku je možné některé z nich přímo zpracovat (např. vlákenné odpady), jiné je třeba roztrždit (např. niťové odpady a textilní odstřížky) a dále upravovat vhodným technologickým postupem.

Třídění tak tvoří základ využití textilních odpadů jako druhotné suroviny. Bylo a stále je velmi pracné a časově náročné. Provádí se ručně za pomoci velkých třídících stolů za účelem sjednocení jednotlivých druhů odpadů v určitých charakteristických rysech (viz. Příloha 1, str. 4). Dosud nebyl vynalezen takový stroj, který by dokázal jednotlivé odpady roztrždit z hlediska materiálu. Existuje sice strojní zařízení pro třídění bavlněných odpadů, ale to za pomoci CCD kamery rozpoznává pouze jinak barevné příměsi, které se ze zpracovávaného odpadu odstraňují za pomoci proudu vzduchu. Zároveň neexistuje pevně stanovené schéma klasifikace, jednotlivé skupiny se přizpůsobují druhu odpadů, odběratelským požadavkům a požadavkům kladených na konečný výrobek. [10, 12]

### 1.2.2 Čištění

Slisované balíky textilních odpadů mohou obsahovat kromě textilních složek volné a vázané nečistoty. Volné nečistoty tvoří netextilní příměsi technologického (zbytky rostlinných částí, semen, prachu) a netechnologického původu (papír, kovové části, PVC), vázané nečistoty jsou obsaženy přímo v textilním materiálu (např. olej, barva). Tyto příměsi a nečistoty je třeba před vlastním zpracováním vhodným způsobem odstranit mechanicky (volné nečistoty) nebo praním (vázané nečistoty). Zvolený způsob ani strojní zařízení nesmí jakýmkoliv způsobem poškodit čištěný materiál. [10]

Pro mechanické odstraňování volných nečistot (použitelné pro všechny druhy textilních odpadů) se používají *stupňové čistící stroje* (obr. 2). Jejich princip spočívá v intenzivním proklepávání odpadu přes soustavu stupňovitě řazených klepacích válců s kolíky, přičemž dochází k uvolňování volných nečistot a jejich oddělování přes rošty, umístěnými pod klepacími válci. Způsob je šetrný ke zpracovávanému materiálu, neboť není sevržen žádným mechanizmem (jde o tzv. čištění ve volném stavu). [10, 34]



Obr. 2 Stupňový čistící stroj (Omni) [34]

K čištění vázaných nečistot praním se jako nejvhodnější ukázaly *kontinuální prací linky*, které jsou šetrné k jednotlivým druhům čistěných textilních odpadů. Princip čištění spočívá v průchodu materiálu přes vodní lázeň s vhodným čistícím přípravkem zvoleným dle druhu a složení odpadu a charakterem a stupněm znečištění. Po praní je nutné oplachování, odvodňování a sušení čistěného odpadu. Tato metoda je velmi nákladná, proto se využívá pouze u sběrových textilních odpadů, které budou sloužit jako čistící materiál (z hygienických důvodů a pro docílení vyšší savosti) nebo jsou určeny pro výrobu trhaniny využívané jako vycpávkový materiál v čalounictví, případně u vlněných vláknenných odpadů. [10]

### 1.2.3 Recyklační linka

*Vláknenné odpady* po třídění a čištění nevyžadují další úpravu, lze je použít přímo, např. pro výrobu přízí. *Nit'ové odpady* a *odstřížky* určené k rozvláknění na vlákna se dále upravují pomocí recyklační linky, kterou tvoří:

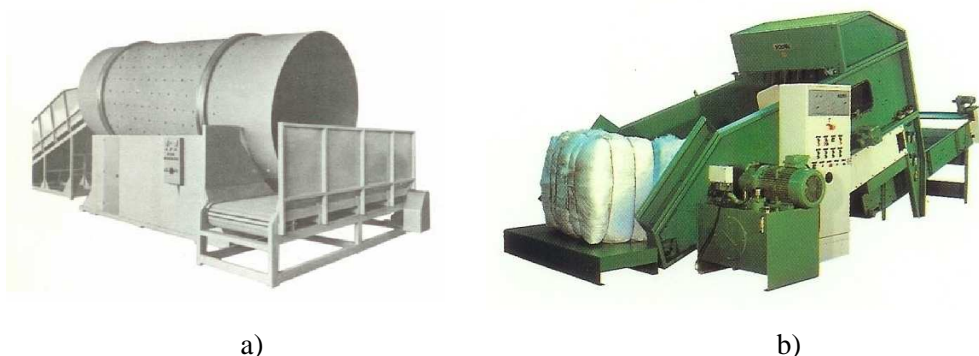
- rozvolňovač balíků (rotační, gilotinový) – nemusí být zařazen
- sekací stroj (rotační, gilotinový)
- zásobní silo
- trhací linka
- lis

Doprava materiálu mezi jednotlivými stroji je zajištěna pásovými dopravníky (zajišťují přívod a odvod materiálu přímo od strojů) a pneumatickým potrubím

(zajišťuje dopravu materiálu mezi jednotlivými stroji). Sestavu celé recyklační linky dodává např. francouzská firma Laroche (viz. přílohu 2, str.6) nebo španělská firma Lidem (viz. přílohu 2, str.7).

### Rozvolňování balíků

K rozvolňování slisovaných balíků se používají automatické rotační nebo gilotinové rozvolňovací stroje, které dnes nahrazují časově náročné a namáhavé ruční odebrání a nakládání materiálu na dopravníkový pás (obr. 4). Před vlastním rozvolněním je třeba ručně odstranit z balíku ochranný obal a vázací drát.



Obr. 3 Automatické rozvolňovače balíků: a) rotační, b) gilotinový (Laroche) [42]

Princip rozvolňování rotačního rozvolňovače (obr. 3a) spočívá v navedení slisovaného balíku do bubnu osazeného z vnitřní strany hroty. Jeho otáčením dochází k uvolňování „kusů“ materiálu a jejich vypadávání na odváděcí pás. Gilotinový rozvolňovač (obr. 3b) z předkládaného materiálu odřezává podle předem nastavené délky podání vrstvu materiálu. Řezací zařízení je složeno z pohyblivého nože, poháněného hydraulicky a pevného protinože. Pro správnou funkci musí být ostří nožů neustále ostré. [10]



Obr. 4 Pásový dopravník s ručním nakládáním materiálu [39]

Nevýhodou automatických rozvolňovačů je nepřehlednost zpracovávaného odpadu a tím možnost jeho znehodnocení (špatným tříděním a přejímkou dojde k rozvolnění netextilních příměsí (papír, plasty) a jejich vstupu do sekacího stroje a přimíchání k zpracovávanému odpadu).

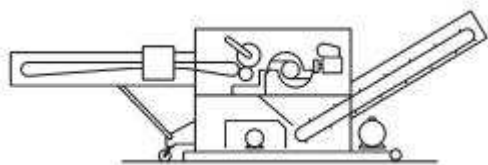
### Sekání

Pro další zpracování se požaduje, aby zpracovávané odpady měly určitou délku (nitové odpady) nebo velikost (plošné odpady). Tato úprava se provádí za pomoci sekacího zařízení pracujícího samostatně nebo v kombinaci s trhacím strojem.

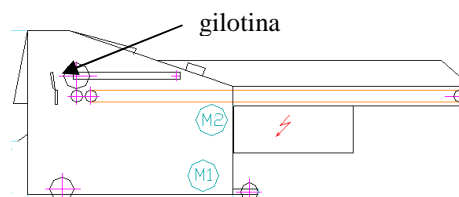
K sekání se využívají rotační nebo gilotinové sekací stroje. Hlavním rozlišujícím prvkem je sekací ústrojí, ostatní části jako dopravní pás, vstupní ústrojí (je tvořeno párem válečku z nichž vrchní je hydraulicky přitlačován na spodní) a odváděcí pás mají podobné. Stroje mohou být doplněny o *detektor kovových příměsí* umístěný nad dopravním pásem (pro dosažení vyšší účinnosti lze doplnit o magnety umístěné podél dopravníku). Nastavením jeho citlivosti se ovlivňuje výsledná kvalita zpracovávaného odpadu (lze zachytit kovové příměsi ve velikosti špendlíkové hlavičky). Při detekci nežádoucího odpadu (kovu) dojde ke zvukovému upozornění a automatickému zastavení dopravního pásu. Tím je umožněno ruční odstranění nečistoty. Zároveň to slouží jako prevence proti možnému poškození sekacích nožů (případně dalších součástí jednotlivých strojů sestavených v recyklační lince) nebo vzniku požáru. [10]

Nevýhodou u obou způsobů je broušení sekacích nožů (pro zajištění dokonalého sekání). Naopak výhodou je univerzálnost použití a možnost libovolně nastavit velikost sekaných částí. Pro vyšší účinnost se používají dva sekací stroje postavené kolmo na sebe, z nichž první je nastaven na odsekávání větších částí, druhý je seká na menší.

Rotační sekací stroje pracují na principu stříhu nůžek. Vlastní sekací ústrojí se skládá ze dvou (popřípadě tří nebo čtyř) pohyblivých nožů umístěných na rotoru a jednoho pevného protinože. Odseknutý materiál padá na odváděcí pás. Velikost sekaných částí je ovlivněna délkou podání a počtem sekacích nožů umístěných na rotoru. Výrobce strojů je např. polská firma Befama (obr. 5), francouzská firma Laroche nebo španělská firma Lidem.



Obr. 5 Rotační sekací stroj (Befama) [40]



Obr. 6 Gilotinový sekací stroj (Retex) [36]

Gilotinové sekací stroje pracují na podobném principu jako gilotinové rozvolňovací stroje. Vlastní sekací zařízení se skládá ze dvou nožů, spodního pevného a vrchního vertikálně se pohybujícího, který z předkládaného materiálu odsekává podle předem nastavené délky podání jednotlivé kusy. Stroje pracují v jedné rychlosti sekání, kterou nelze měnit. Odsekávaný materiál padá na odváděcí pás. Pro správnou funkci musí být sekací nůž neustále ostrý a vedený pod správným úhlem. Nevýhodou stroje je nepřetržitý pohyb sekacího nože. Výrobce je např. česká firma Retex (obr. 6).

Přehled vybraných sekacích strojů uvádí tabulka 1, k níž se váže obrázková část uvedená v příloze 3 (str. 8).

Tabulka 1 Přehled sekacích strojů

Druh sekacího ústrojí	Typ stroje	Výrobce	Pracovní šíře [mm]	Velikost sekanych částí [mm]
gilotinový	S-600	Retex (ČR)	600	5 – 120
rotační	AC39A	Befama (Polsko)	400	23 – 230
rotační	231	Laroche (Francie)	300	25 – 165
rotační	CRS8 15N	Lidem (Španělsko)	800	15 – 300

### Zásobní silo

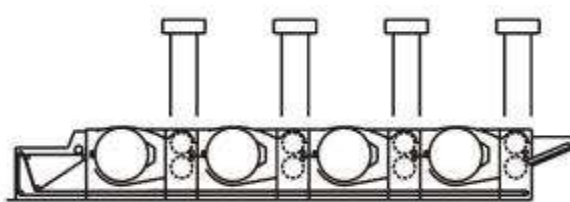
Zásobní silo (obr. 7a) slouží k ukládání a zároveň k míchání sekaných částí. Skládá se ze 2 komor (vertikální a horizontální v libovolném pořadí) pro ukládání materiálu a jeho dalšího směsování. Je ukončeno vertikálním nakladačem (obr. 7 b), který má za úkol regulaci šířky násypky a rychlostí podávacích válečků připravit stejnoměrnou vrstvu pro vlastní proces rozvlákňování na trhačí lince. Nevýhodou zásobního sila je nedokonalé promíchávání zpracovávaného odpadu. Naopak výhodou je zajištění plynulé dodávky materiálu do trhačí linky.



Obr. 7 Zásobní silo (a) zakončené vertikálním nakladačem (b) (Lidem) [39]

### Trhání

Vlastní proces rozvláknění textilních odpadů (průmyslových i sběrových) je realizován na *trhacích strojích*. Princip trhání (znám více než 150 let) spočívá v působení ohroceného bubnu na vrstvu podávaného materiálu. Dochází tak k postupnému uvolňování textilních vláken. Podle směru trhacího bubnu se rozdělují do tří základních skupin na: trhací stroje s bubnem běžícím od podávacích válečků směrem nahoru (označovány jako „trhací“), trhací stroje s bubnem běžícím od podávacích válečků směrem dolů („předtrhací“) a trhací stroje kombinované (první trhací buben je v provedení směrem nahoru, další bubny běží směrem dolů). V současnosti se využívají kombinované trhací stroje složené ze 2 až 6-ti bubnů (při použití více bubnů se získá jemnější trhanina). [12]



Obr. 8 Trhací stroj (Befama)

Výhodou trhacích strojů je možnost libovolně nastavit v jednotlivých trhacích sekcích:

- vzdálenost podávacího ústrojí k trhacímu bubnu ovlivňuje intenzitu rozvláknění (těsné seřízení sice zvyšuje intenzitu rozvláknění, ale negativně působí na délku vláken; s rostoucí vzdáleností tato intenzita klesá, dochází

k menšímu namáhání vláken, ale zvyšuje se podíl nerozvlákněných částic; obecně platí, aby vzdálenost podávacího ústrojí od trhačího bubnu byla o něco větší, než je délka zpracovávaných vláken a nedocházelo tak k jejich nežádoucímu krácení); pro první trhačí zónu se tato vzdálenost volí největší, v dalších zónách se postupně zmenšuje;

- rychlosti podávání a odbírání materiálu (rychlost odebrání materiálu se od první trhačí zóny k poslední zvyšuje, neboť rozvlákňováním dochází k nabývání materiálu);
- klapky pro odlučování nerozvlákněných odpadů (ty jsou odhazovány na sběrný pás vedeným pod trhačími bubny a přivedeny zpět k prvnímu trhačímu bubnu, tím je zajištěno opětovné zpracování nerozvlákněných kousků odpadů až do jejich rozvláknění) [12].

Podle požadavku kladeného na rozvlákněný materiál se určuje stupeň rozvláknění. Dané jsou pouze krajní hranice, mezi nimiž existuje mnoho dalších variant. Trhání na vlákno je intenzivní až násilné rozvlákňování s cílem získat rozvlákněný materiál s minimálním podílem nerozvlákněných zbytků nití (vhodné pro netkanou technologii). Při trhání na nit je cílem získat směs uvolněných nití i s určitým podílem nerozvlákněných zbytků původní suroviny. Tento způsob se používá tam, kde bude trhaný materiál nadále rozvlákňován s požadavkem na maximální zachování původní délky vláken (vhodné pro přadní technologie). [12]

Vhodný typ trhačího stroje, pracovní šířka, průměr a povlak trhačích bubnů, rychlost trhání a správné seřízení jednotlivých částí se volí podle požadavku, který je kladen na konečný výrobek. Výrobci trhačích strojů jsou např. polská firma Befama (obr. 8), francouzská firma Laroche nebo španělská firma Lidem (viz. příloha 2, str. 7).

Nad dopravním pásem odvádějícím trhaninu z trhačího stroje mohou být nainstalované trysky pro aplikaci antistatického přípravku (přibližně v poměru cca 10 litrů na balík o hmotnosti 300–500 kg). Účelem je zvýšit vlhkost zpracovávaného materiálu, usnadnit jeho slisování a později i jeho další zpracování.

Nedílnou součástí trhačí linky je filtrační zařízení LUWA (Švýcarsko) pro odsávání prachu a odletujících vláken, které se odlučují při trhání. Skládá se z předfiltru, bubnového filtru a ventilátoru.

Mimořádná pozornost je věnována protipožárnímu opatření, neboť i při sebelepším třídění může dojít k průchodu kovové příměsi v materiálu (stačí kovová nit



v textilií) a při styku s kovovou částí trhacího stroje může dojít k vzniku jiskry a následnému požáru. Protipožární opatření je většinou tvořeno dvěma okruhy. Jeden je nainstalován přímo na trhací lince (skládá se ze senzorů pro zjištění přítomnosti jiskry a hasícího zařízení na principu podtlaku pro její uhašení), druhý hlídá prostor trháreny a pneumatický transport (potrubí je doplněno o protipožární klapky, které se v případě nutnosti zaklapnou a zabrání tak průchodu ohně k dalším strojům). Podceňování tohoto opatření může vést k nevratným ztrátám na majetku.

### Lisování

Pomocí *hydraulického lisu* (např. italské firmy Gualchierani), složeného z kondenzoru pro přívod vlákenného materiálu, jedné nebo dvou zásobních šachet, lisovací šachty a beranidla, je vyrobená trhanina slisována do balíků, přebalena textilií (případně plastovou fólií) a převázána vázacím drátem. Lisováním se usnadňuje nejen manipulace s materiálem před dalším zpracováním, ale zároveň je chráněn před poškozením a vysycháním. [44]

Doplňkem zařazeným v recyklační lince může být komora s UV lampou, pomocí které lze např. v čistě bavlněném odpadu zjistit přítomnost chemických vláken. Nevýhodou je, že chemicky upravená 100 % bavlna se pod UV lampou může jevit jako chemické vlákno.

Výtěžnost zpracovávaných odpadů z recyklační linky je kolem 95%, 4% představuje vlákenný „odpad“, který se dá zpracovat v netextilním průmyslu (např. ve stavebnictví) a pouze 1% představuje prach, který tvoří komunální odpad.

Před dalším postupem zpracování trhaniny se provádí kontrola kvality rozvláknění textilních odpadů stanovením obsahu mechanicky oddělitelných nití, nopků a nerozvlákněných částí. O této stati je pojednáno v kapitole 1.4. Standardní technologický postup, který je podobný jako při zpracovávání jakostní suroviny, je doplněn o „maštění“ a lůžkování, které má za úkol dodat zpracovávaným vláknům potřebnou vlhkost, zabránit vzniku elektrostatického výboje a usnadnit jejich zpracování.

#### 1.2.4 Rozvolňování, mísení

Z předkládaných textilních balíků trhaniny dochází rozvolňovacím mechanismem k „vytrhávání“ jednotlivých chomáčků vláken (trhaniny), přičemž probíhá další čištění a skladbou balíků i mísení materiálu (lze předkládat pouze trhaninu nebo v určitém poměru jakostní surovinu a trhaninu).

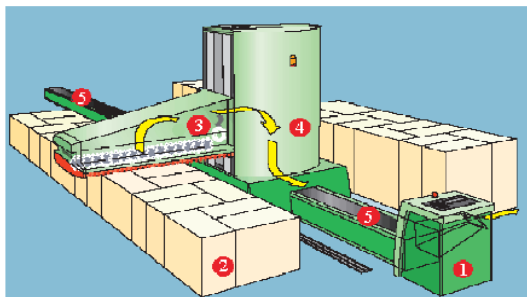
K rozvolňování se používají automatické rozvolňovací stroje, členěné dle polohy místa odběru (vrchní, spodní), druhu odebíracího elementu (kleštiny, frézy, ohročený pás,...) a systému pohybu (zda se pohybuje materiál nebo rozvolňovací mechanismus) nebo rozvolňovače se šikmým ohročeným pásem. Přehled vybraných automatických rozvolňovacích strojů je zobrazen v tabulce 2, k níž je obrázková část uvedena v příloze 3 (str. 9). [37, 43]

Tabulka 2 Automatické rozvolňovací stroje

Typ rozvolňovače	Odběr materiálu	Druh rozvolňovacího prvku	Pohyb při odběru vykonává	Počet předkládaných balíků	Výhody strojního zařízení
MZA (Trützschler)	spodní	rozvolňovací kleštiny (frézy)	materiál	9 – 18	snížení hlučnosti, zvýšení rychlosti rozvolňování, minimální údržba, vhodné pro malé partie
Blendomat BO-A (Trützschler)	vrchní	rozvolňovací frézy	rozvolňovací mechanismus	až 180	šetrné rozvolňování, vhodné pro velké partie, minimální údržba, obsluha až 3 linek současně
Unifloc A 11 (Rieter)	vrchní	rozvolňovací frézy	rozvolňovací mechanismus	až 130	šetrné rozvolňování, minimální údržba, stejnoměrné odebírání materiálu po celé délce, lze míchat až 4 druhy materiálů

Princip automatických rozvolňovačů s vrchním odběrem materiálu zobrazuje obr. 9. Odebírací jednotka (3) uložená ve skříni stroje (4) „vytrhává“ z předkládaných balíků (2) pomocí rozvolňovacích fréz jednotlivé chomáčky vláken. Transportním kanálem (5) jsou odváděny k dalšímu zpracování. Mezi výhody automatických rozvolňovačů s vrchním odběrem patří možnost předkládat velký počet balíků (až 180), u otočné skříně lze balíky doplňovat za provozu (zatímco odebírací jednotka pracuje na jedné straně, druhá strana se doplňuje), stroje nejsou náročné na údržbu, rozvolňování je

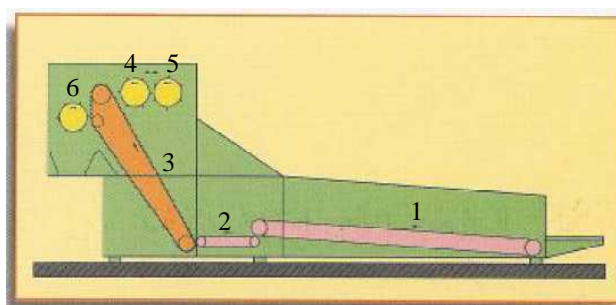
šetrné. Naopak nevýhodou je velká spotřeba pracovního místa. U rozvolňovacích strojů se spodním odběrem je omezeno množství předkládaných balíků k rozvolňování a nepřehlednost odebíraného množství. [37]



1. kontrolní panel
2. předkládané balíky materiálu
3. odebírací jednotka
4. skříň stroje (otočná)
5. transportní kanál

Obr. 9 Automatický rozvolňovač s vrchním odběrem (Trützschler) [37]

Na obrázku 10 je zobrazen princip rozvolňování balíků pomocí šikmého ohročeného pásu. Z nakládacího pásu (1) je materiál dopraven na podávací pás (2), odkud je šikmým ohroceným pásem (3) dopraven k regulačnímu válci (4). V závislosti na vzdálenosti jeho přísazení je ovlivňována velikost odebíraných chomáčků. Přebytný materiál se odstraňuje čistícím válcem (5). Stíracím bubnem (6) jsou chomáčky odebírány a odhazovány do šachty, odkud se vedou k dalšímu zpracování. Tyto stroje se hodí pro malé přadní partie nebo pro zpracování odpadů. Nejsou náročné na velikost pracovní plochy. Dle velikosti pracovní šířky stroje lze u některých typů předkládat 2 balíky vedle sebe. Výrobce těchto strojů je např. italská firma Omimi nebo německá firma Temaifa (viz. přílohu 3, str. 10). [34]



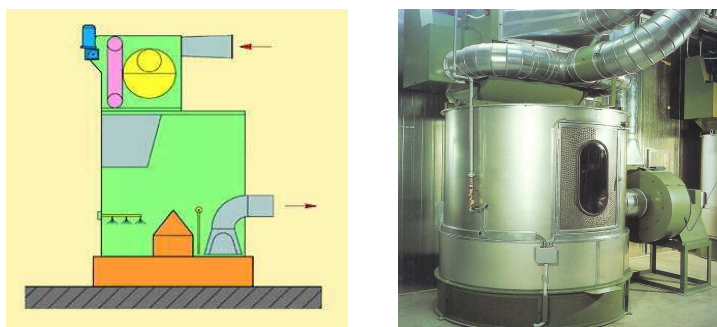
1. nakládací pás
2. podávací pás
3. šikmý ohrocený pás
4. regulační válec
5. čistící válec
6. stírací buben

Obr. 10 Rozvolňovač balíků se šikmým ohroceným pásem (Omimi) [34]

### 1.2.5 Maštění a lůžkování

Technologická operace, která se používá při zpracování vlny. V současnosti se začala využívat při zpracování textilních odpadů nejen vlněných, ale i bavlněných a směsových.

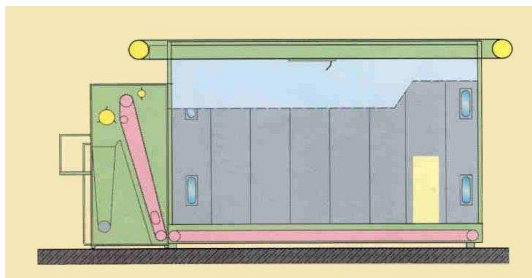
Při mechanickém zpracování textilních odpadů na trhacím stroji jsou vlákna vystavena značnému namáhání, dochází k jejich napínání a deformaci, což má vliv na jejich strukturu. Potřebnou odolnost proti dalšímu namáhání (např. zpracování na mykacím stroji) lze zvýšit vhodnou úpravou (maštěním). Vláknum se dodá potřebná vlhkost, sníží se tření mezi vlákny a usnadní se tak jejich další zpracování (u nerozvlákněných kousků přízí se tím usnadní jejich rozvolnění). K maštění se používají mastné nebo nemastné přípravky. Mastné přípravky je možné použít u výrobků, které nemají přímé použití, nebo je lze prát. Mají za úkol zpomalit odpařování vlhkosti z vláken. Musí být bez zápachu a beze zbytku vypratelné. Nemastící přípravky se používají při výrobě výrobků, které jsou určeny pro přímé použití (např. technické vaty, vlákenná rouna, netkané textilie, příze). Tvoří je většinou pouze voda s přídavkem smáčedla nebo antistatickým prostředkem. Přípravek se většinou připravuje z koncentrátu (lze tak přizpůsobit zpracovávanému materiálovému odpadu) v tlakových nádobách, kde se mísí (ředí) s vodou. Odtud je pod tlakem veden k tryskám. První úprava vhodným přípravkem se může provádět u trhacích strojů (viz. kap. 1.2.3). [1]



Obr. 11 Avivovací komora (Omni) [34]

Pro aplikaci přípravku lze použít kontinuální nebo komorový způsob nanášení. Kontinuální způsob [4] používá postřikovací zařízení (trysky) umístěné nad dvěma dopravníky. Materiál padá z prvního zešikmeného dopravníku po postřiku emulzí na druhý dopravník, čímž se obrací a je znovu postřikáván. Dosáhne se tak nejen rovnoměrného a intenzivního proniknutí emulze do materiálu, ale sníží se i její ztráty. Princip komorového způsobu nanášení avivážního prostředku zobrazuje obr. 11.

Pneumatickou cestou je materiál z vrchu přiveden do komory, kde padá na její dno. Po průchodu materiálu pod tryskami aplikující přípravek je z komory odsáván a pneumatickou cestou dopraven do lůžkovací komory (obr. 12). [1, 34]



Obr. 12 Lůžkovací komora OMIX (Omni) [34]

Aby se docílilo co nejlepšího účinku prostoupení přípravku, je materiál v lůžkovací komoře ukládán v horizontálních vrstvách, kde se nechá po určitou dobu odležet (přibližně 12 - 24 hodin). Komory se staví v šířkách od 2 - 4 m a délkách od 2 - 30 m, s produkcí od 500-3.000 kg/h. Mají hladké nebo obkládané stěny, aby nedocházelo k zachycování materiálu a daly se snadno čistit. Z komory je materiál odebírán svislým ojehleným dopravníkem, dochází tak k dalšímu mísení. Výrobce těchto komor je např. italská firma Omni. Množství odebíraného materiálu se řídí množstvím materiálu v zásobovací šachtě mykacího stroje. [1, 34]

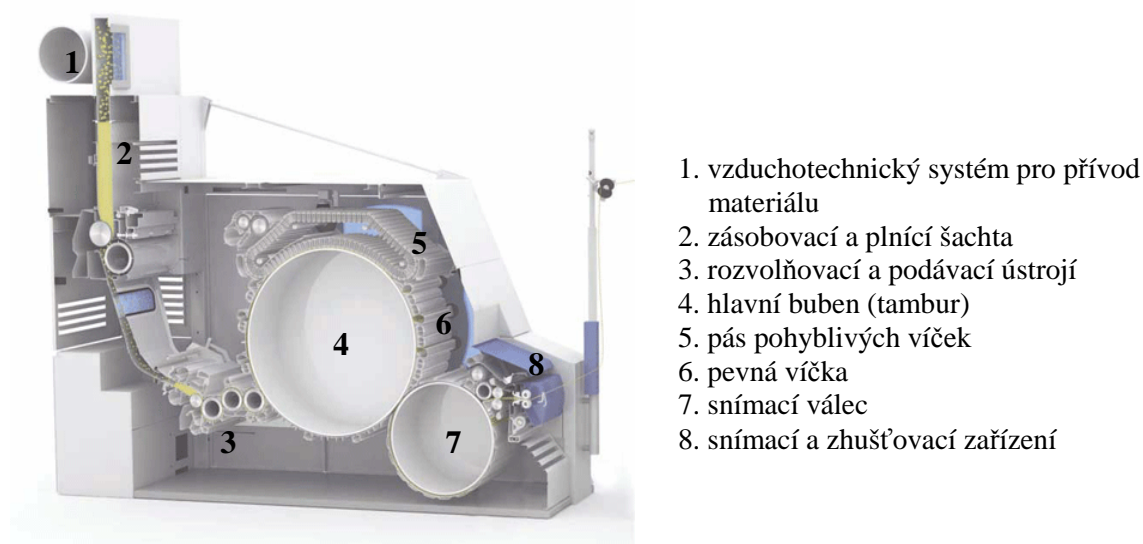
### 1.2.8 Mykání a protahování

Mykání je důležitou operací v přádelně. Kvalita výsledné příze závisí na kvalitě výsledného produktu mykacího stroje, tj. pramene. Účelem mykání je vyrobit z předloženého vlákenného materiálu co nejstejněměnější pavučinu. Od této operace se požaduje [12]:

- rozvolnění chomáček vláken (vloček) na jednotlivá vlákna,
- vyloučení nečistot a krátkých vláken,
- minimální krácení zpracovávaných vláken,
- promíchání vlákenného materiálu,
- dosažení stejnoměrnosti na krátkých úsečkách,
- vytvoření jemné pavučiny a její shrnutí do pramene.

Dle konstrukčního uspořádání se rozlišují dva základní druhy mykacích strojů: víčkové (pro bavlnu a chemická vlákna) a válcové (pro vlnu). Hlavní mykací zóna u víčkových mykacích strojů je mezi tamburem a víčky, u válcových mezi hlavním bubnem, pracovním válcem a obracečem. Zásobování strojů vzhledem k pneumatické dopravě mezi jednotlivými stroji je vložkové. Mykací povlaky jsou drátkové (pohyblivá víčka u víčkového mykacího stroje) nebo celokovové (rozvolňovací válec, hlavní buben a snímač). Výhodou celokovových povlaků je jejich vyšší životnost. Seřízení mykacího stroje se řídí druhem zpracovávaného materiálu, délkou (čím jsou vlákna kratší, tím se volí bližší seřízení), jemností a případně i pevností zpracovávaných vláken. [12]

Princip mykání je zobrazen na obr. 13. Pneumatickou dopravou jsou chomáčky vláken navedeny do plnicí a zásobovací šachty (2), kde dochází k vytvoření stejnoměrné vrstvy. Materiál je přes rozvolňovací (má značný čistící účinek) a podávací ústrojí (3) veden na hlavní buben, tj. tambur (4). K vlastnímu procesu mykání dochází mezi hlavním bubnem a pohyblivými víčky (5). Snímacím válcem (7) je vyrobená pavučina dopravena ke snímacímu a zhušťovacímu zařízení (8), kde se shrne do pramene (pavučina je příliš jemná pro další manipulaci). Vyrobený pramen se ukládá do konve, kde je připraven k dalšímu zpracování (posukování). [37]



Obr. 13 Průřez víčkovým mykacím strojem TC 07 (Trützschler) [20]

Víčkový mykací stroj TC 07 (Trützschler) je plně automatický, celý proces mykání je řízen počítačem přes dotykovou obrazovku (viz. Příloha 3, str. 11). Výhodou stroje je dvoustupňová regulace (v závislosti na výstupu materiálu ze stroje je regulován vstup materiálu do stroje). Oproti běžným mykacím strojům má zvednutý tambur, což

mu umožňuje mít o 50% více pevných víček. Materiál je tak déle zpracováván, vlákna mohou být více paralelizována.

Tato firma (Trützschler) také vynalezla průtahové ústrojí IDF s integrovanou posukovací hlavou, které ve spojení s mykacím strojem výrazně zkracuje proces výroby příze. Vyrobený pramen je místo přímého ukládání do konve naveden do průtahového ústrojí IDF a teprve po protažení svinovacím ústrojím uložen do konve. Výsledný pramen by měl být co nejstejnomořnější, neboť se již více neprotahuje a předkládá se přímo bezvřetenovému dopřádacímu stroji.

Vstupní průtahové ústrojí stroje IDF je spojeno s odváděcím ústrojím mykacího stroje, výstupní válečky průtahového ústrojí jsou spojeny se vstupními. Rychlost protahování se řídí v závislosti na výkyvu aktuálně zjištěné jemnosti pramene od předem nastavené (podle potřeby dojde k zpomalení nebo zrychlení průtahových válečků). Docílí se tím větší stejnoměrnosti pramene.

### 1.2.9 Dopřádání

Dopřádání zajišťuje vlastní proces přeměny pramene na přízi. Rozlišují se dva hlavní způsoby dopřádání: klasické (na prstencových dopřádacích strojích) a nekonvenční (rotorové – rotorový dopřádací stroj, frikční - dref, tryskový – Murata MJS,...), jejichž hlavním rozlišujícím prvkem je odlišný způsob tvorby příze. Dopřádání klasickým způsobem pro zpracování odpadů není vhodné, neboť prameny obsahují větší podíl kratších vláken, které by při dopřádání výrazně zvýšily přetřhovost.

Rotorové dopřádání<sup>4)</sup> využívané ve zkrácené technologii výroby mykané příze (odpadlo předpřádání a soukání) se s úspěchem začalo používat při zpracování pramenů, vyrobených z textilních odpadů. Podstatou předení je oddělení procesu zakrucování a navíjení (při zakrucování nerotuje celý návin, ale pouze volný konec příze). Předlohou je pramen uložený v konvi, výstupem pak příze navinutá na cívce s křížovým vinutím.

Pramen uložený v konvi je předkládán dopřádacímu stroji. Z ní je odtahován pomocí podávacího válečku a dopravován k vyčesávacímu válečku, který svým pilkovým povlakem vyčesává z pramene jednotlivá vlákna. Dochází tak k jejich

---

<sup>4)</sup> vyvinuto v letech 1963-1965 společně ve VÚTS Liberec a VÚB Ústí nad Orlicí

ojednecování. Vyčesaná ojednocená vlákna jsou proudem vzduchu unášena do vzduchového kanálku a dále do rotoru, kde se vlivem odstředivých sil ukládají po jeho obvodu. Odtahovým kanálkem je do rotoru naveden volný konec příze. Vlivem otáčení rotoru rotuje i volný konec příze a přikrucuje na sebe stužku vláken (obr. 14). Ze spřádací jednotky je příze odtahována odváděcím válcem a následně navíjena na cívku s křížovým vinutím.



Obr. 14 Princip tvorby příze v rotoru [50]

Moderní rotorové dopřádací stroje používané převážně v bavlnářské technologii výroby příze jsou řízeny počítačem, který monitoruje každou spřádací jednotku zvlášť. Jsou vybaveny automatickým odstraňováním přetrhů, automatickým zapřádáním při spuštění stroje, automatickou výměnou navinutých cívek. Dále jsou vybaveny zařízením pro měření stejnoměrnosti (např. Uster). Dokáží pracovat s vysokými otáčkami rotorů (až 150.000 ot/min) a vysokými odváděcími rychlostmi (nad 100 m/min), které se však při zpracování odpadů nedoporučují. Z praxe se ukázalo, že v závislosti na povaze zpracovávaného odpadu jsou optimální otáčky rotoru mezi 40.000 a 70.000 ot/min.

Rotorové příze se od ostatních liší svojí strukturou. Lawrence a Finikopulos v článku Indian Journal [4] uvádějí, že povrchová struktura rotorové příze může obsahovat až 6 různých skupin rozdělených na:

- uspořádání vláken
- volně ovinutá vlákna
- jednoduché ovinutí
- mnohonásobné ovinutí
- ovinky
- chlupy.



V jiném literárním zdroji [9] se uvádí, že v jádru rotorově vyráběné příze se nachází podobná struktura jako u prstencově vyráběné příze. Na tomto jádru leží vrstva vláken tvořících plášť, na němž se dají rozlišit tři vrstvy se speciální zákrutovou charakteristikou: od jádra směrem ven se vytváří opačný zákrut vzhledem k zákrutu příze, na obalu jsou vytvořeny vlastní ovinky (obr. 15), jenž tvoří jedno nebo více vláken, které se neuloží po obvodu rotoru, ale ovíjí přímo přízi a zpětně navinuté konce vláken se stejným směrem zákrutu jako příze.

Při porovnání s prstencově vyráběnými přízemi mají tyto příze [50]:

- lepší hmotnou stejnoměrnost díky cyklickému družení v rotoru
- vyšší objemnost
- lepší krycí schopnost
- lepší stejnoměrnost pevnosti
- menší nestejnoměrnost
- nižší pevnost a tažnost (při předení však nedochází k vyšším přetrhům)
- nižší chlupatost
- horší uspořádání vláken
- vyznačují se vyšší odolností v oděru a menší pružností.



Obr. 15 Ovinek vytvořený na rotorově předené přízi o jemnosti 95 tex [50]

Zákonitosti pro předení na BDA jsou:

- čím jemnější surovina, tím jemnější příze
- čím znečištěnější surovina, tím vyšší otáčky vyčesávacích válečků
- čím šetrnější zacházení se surovinou, tím nižší otáčky vyčesávacích válečků
- čím kratší surovina, tím nižší otáčky rotorů
- čím kratší surovina, tím vyšší zákrut.

## 1.3 Využití odpadů

Využití textilních odpadů nachází uplatnění jak v textilním, tak i v netextilním průmyslu. Rozhodnutí o tom, kde se daný druh textilního odpadu použije je závislé nejen na množství, druhu a povaze, ale také na účelu, který by měl konečný produkt splňovat. Podle těchto hledisek se zvolí vhodná recyklační technologie (viz. obr. 1).

### 1.3.1 Textilní průmysl

Prvotní odpad z oděvních podniků v podobě nejrůznějších odstřížků tkanin a pletenin se dá využít v původní formě nejen jako čistící textilie, ale může se uplatnit i v hračkářském průmyslu, kde se z nich vyrábí samotné hračky nebo se šijí nejrůznější oblečky, využití nachází i v různých uměleckých dílnách, např. při šití nejrůznějších drobných předmětů nebo při výrobě patchworku<sup>5)</sup> – metoda umožňuje vyrábět nejrůznější bytové doplňky nebo oděvy).

Příze vyrobené mykanou technologií z průmyslových druhotných surovin je možné použít téměř v celém sortimentu textilií, např. pracovní obleky, pláště, oblečení pro volný čas, dětské oblečení, přikrývky.

### 1.3.2 Ostatní průmysl

Bavlněné textilní odpady nacházejí využití nejen v automobilovém průmyslu, kde slouží jako zvukotepelné izolace, ale také v zemědělství při výrobě geotextilií, ve stavebnictví při stavbě silnic, železnic (např. izolace proti vlhkosti a prorůstání, zachycování olejových skvrn), v papírenském průmyslu (např. při výrobě bankovního papíru, ručního papíru,...).

---

<sup>5)</sup> Textilní technika, která spočívá v sešívání různobarevných odstřížků látek, které se kombinují a skládají do různých geometrických obrazců, podšívají se podšívkou.

## 1.4 Hodnocení trhaniny a poloproduktu vyrobených z odpadů

Jak již bylo zmíněno, po vyrobení trhaniny z průmyslových textilních odpadů se před jejím dalším zpracováním provádí stanovení obsahu mechanicky oddělitelných nití, nopků a nerozvlákněných částí v trhanině. Touto metodou se stanovuje (s ohledem na použití trhaniny pro předení na mykacích strojích a následně na bezvřetenových doprácacích strojích) čistota trhaniny vyrobené ze 100% bavlněných odpadů. Zjišťuje se četnost nopků, nerozvlákněných zbytků textilií a nerozvlákněných nitíových částí.

Při následném zpracování trhanin do přízí se provádí další mezioperační kontrola, u které se zjišťuje čistota přádelnických poloproduktů. Stanovuje se četnost tvrdých nečistot a nopků v 1g přádelnického poloproduktu.

Obě metody se provádí ručně pomocí desky potažené sametem kontrastní barvy k barvě vlákna o velikosti cca 500x300 mm. Příprava a odběr vzorků se řídí podle platných norem pro testování jakostních surovin, poloproduktů i produktů, tj. dle [23] a [24]. Zkušební vzorky se postupně rozvolní nad deskou, pinzetou se vyberou nerozvlákněné zbytky textilií a nerozvlákněné nitíové části (u první metody) a tvrdé nečistoty (u druhé metody), které se zváží na analytických vahách. Výstupem u první zmiňované zkoušky je hmotnost nerozvlákněných zbytků textilií v 1g poloproduktu, procento nerozvlákněných zbytků textilií ve vzorku, hmotnost nerozvlákněných částí nití v 1g poloproduktu, procento nerozvlákněných částí nití ve vzorku. U druhé zkoušky je výstupem počet tvrdých nečistot v 1 g poloproduktu, hmotnost tvrdých nečistot v 1 g poloproduktu, hodnoty hmotnosti jednotlivých tvrdých nečistot nad 0,15 mg a počet nopků v 1 g poloproduktu.

Tyto zkoušky jsou velice důležité, neboť na nich závisí další postup zpracování. Ovlivňují nejen seřízení jednotlivých částí mechanismů jednotlivých strojů, ale mají vliv i na výslednou kvalitu výrobku.

## 1.5 Vlastnosti vláken a přízí

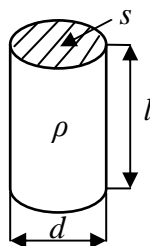
Vlákna i příze se dají popsat geometrickými a matematicko-fyzikálními vlastnostmi, z nichž se dají některé ovlivnit. U přírodních vláken to lze jen obtížně (částečně pouze pěstováním), naopak u chemických vláken lze většinu jejich vlastností výrazně ovlivnit variací geometrie (jemnost, profil, tvar) a podmínkami přípravy (rychlostí zvlákňování, dlouhícím poměrem, tepelným zpracováním). [46]

Výsledné vlastnosti příze jsou závislé nejen na vlastnostech vláken, ale i na použité technologii výroby.

### 1.5.1. Struktura a vlastnosti bavlněných vláken

U surových bavlněných vláken se běžně hodnotí jemnost, parametry staplového diagramu (tj. jednotlivé délky), zralost, stupeň znečištění, barva a pevnost. Ze zprávy firmy USTER [48] vyplývá, že jemnost a zralost bavlněných vláken jsou velmi často předmětem diskuzí, neboť obě tyto vlastnosti ovlivňují barvitelnost hotového výrobku. Mnoho testů provedených touto firmou ukázalo, že v 70% za problémy způsobené při barvení mohou právě tyto vlastnosti, zejména pak obsah nezralých vláken (IFC) a jen 10% je přisuzováno chlupatosti a zákrutu příze.

Podle zvolené technologie zpracování vláken do přízí se při použití prstencového dopřádání upřednostňuje délka vláken před pevností a jemností, u rotorově předaných přízí je naopak nejdůležitější pevnost vlákna, před jemností a délkou. [46]



Obr. 16 Idealizované vlákno

Bavlněné vlákno jako textilní útvar není homogenní, proto se pro znázornění geometrických hledisek (délky, jemnosti, tvaru příčného řezu) používá idealizovaný

tvar vlákna (obr. 16), který si vlákno představuje jako homogenní válec o určité délce  $l$ , průřezu  $s$  a hustotě  $\rho$ .

### 1.5.1.1 Délka

Délka vláken  $l_v$  je jedním z důležitých ukazatelů, který určitým způsobem ovlivňuje nastavení technologických prvků (např. průtahových válečků, čistících orgánů,...). Rozhoduje o zpracovatelnosti vláken a má vliv i na využití pevnosti vláken v pevnosti příze. Je definována jako vzdálenost konců vlákna napřímeného, bez obloučků a bez napětí. [2]

K měření lze použít přímou nebo nepřímou metodou. Přímá metoda zahrnuje měření jednotlivých vláken:

- ručně za pomoci sametové podložky a sklíčka se stupnicí (dle normy [14]) – z důvodu časové náročnosti a pracnosti se dnes téměř nepoužívá;
- automaticky (AFIS) – optoelektronické měření vláken napřímených proudem vzduchu.

Nepřímá metoda zjišťuje délku vláken ze souboru vláken (tj.svazků):

- za pomoci jehličkového pole a hřebenů;
- optoelektronickým proměřováním třásně (Autosampler (obr. 17), HVI (obr. 31b) - metoda je založena na principu prosvěcování třásně uchopené v čelistech. Výstupem jsou podle typu použitého zařízení buď pouze hodnoty délek  $L1$  (má úzký vztah k pevnosti příze) a  $L2$  (ovlivňuje přetrhovost příze při předení) nebo tím, jak se třásně ve světelném poli pohybuje ve směru délky třásně, načítají se plynule relativní četnosti, jenž se graficky zaznamenají do grafu zvaného fibrogram. Z tohoto grafu je pak možné odečíst i další délky jako průměrnou délku, průměrnou délku horní poloviny délky vláken ( $UHM$ ) a průměrnou délku nejdelších vláken ( $UQM$ ). Podílem délek  $L1$  a  $L2$  lze vypočítat stejnoměrnost staplu  $UR$  (Uniformity Ratio):

$$UR = \frac{L1}{L2}, \quad (1)$$

kde  $L1$  odpovídá 50% délky vláken a  $L2$  je 2,5% délky vláken. [2, 6]



Obr. 17 Autosampler

### 1.5.1.2 Jemnost

Jemnost vláken  $t_v$  [tex] významným způsobem ovlivňuje některé další vlastnosti jako např. velikost povrchu, způsob použití a technologii zpracování, čímž má vliv i na výslednou vlastnost příze. Lze ji charakterizovat délkovou hmotností, jenž lze určit ze vztahu [20]

$$t_v = \frac{m_v}{l_v}, \quad (2)$$

kde  $m_v$  je hmotnost vlákna v [g] a  $l_v$  je délka vlákna v [km]. Lze ji také určit ze známé měrné hmotnosti vlákna  $\rho$  [kg/m<sup>3</sup>] a plochy příčného řezu  $s_v$  [mm<sup>2</sup>]

$$t_v = \rho \cdot s_v. \quad (3)$$

Prostřednictvím plochy příčného řezu vlákna  $s_v$  (4) je definován průměr vlákna  $d$ . Jelikož bavlněné vlákno nemá kruhový průřez, je průměr vlákna  $d$  nahrazen ekvivalentním průměrem  $d_e$  (5), který vyjadřuje průměr kruhu o ploše rovné ploše příčného řezu vlákna. [7]

$$s_v = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (4)$$

$$d_e = \sqrt{\frac{4s_v}{\pi}} = \sqrt{\frac{4t_v}{\pi\rho}}. \quad (5)$$

K zjišťování jemnosti vláken se používají různé metody. Patří sem např. metoda gravimetrická, rezonanční, pneumatická nebo lze jemnost zjistit pomocí obrazové analýzy, která pracuje s příčnými řezy vláken a přízí.

Princip gravimetrické metody je založen na přesném odměření délky vláken a jejich zvážení (tj. snopek o známém počtu vláken a stanovené délce je zvážen na mikrováhách). Ze získaných hmotností jednotlivých snopků se zjistí průměrná délková jemnost vláken v každém svazku  $t_{vs}$  [15]

$$\bar{t}_{vs} = \frac{m_s}{n_v \cdot l_v} \cdot 10^4, \quad (6)$$

kde  $m_s$  je hmotnost svazku vláken v [mg],  $n_v$  je počet vláken ve svazku a  $l_v$  je délka jednotlivých vláken ve svazku v [mm]. Poté se vypočítá průměrná délková jemnost vláken  $\bar{t}_v$  [dtex]. Podmínky pro zjišťování jemnosti touto metodou jsou uvedeny v normě [15].

Metoda je vhodná pouze pro chemická vlákna (u přírodních vláken se dosahuje nižší přesnosti) nebo pro vlákna, u kterých lze odstranit obloučkování a při přípravě se udrží v narovnaném stavu (u svazků musí být vlákna paralelní). Není vhodná pro zužující se vlákna, klade vysoké nároky na citlivost přístrojů a je časově náročná. [15]

Metoda rezonanční - vibroskopická je založena na vystavení jednotlivých vláken o stanovené délce a stanoveném napětí vibracím při rezonanční frekvenci. Délková hmotnost jednotlivých vláken se poté stanoví z podmínek rezonančního stavu (z rezonanční frekvence, délky vlákna a napínací síly). Výsledná jemnost vlákna se odečte přímo ze stupnice vibroskopu (obr. 18). Výběr vzorků a způsob měření je uveden v normě [15].



Obr. 18 Vibroskop (vpravo) + vibrodyn

Metoda je rychlá, přístroj se snadno obsluhuje, výsledek zkoušky je přímo v [dtex], vlákno podrobené zkoušce se může podrobit dalším testům, např. stanovení pevnosti a tažnosti na vibrodynu (obr. 18 vlevo). Dá se použít pro vlákna delší než 20 mm. Nevýhodou je, že není vhodná pro měření bavlny, neboť je založena na principu měření vlastních kmitů pružné struny, u které se předpokládá, že má homogenní tvar válce s kruhovým průřezem (bavlněné vlákno toto nesplňuje). [15]

Metoda pneumatická je založena na stanovení odporu vločky vláken o určité hmotnosti umístěné v uzavřeném válci proti pronikání proudu vzduchu.

Nejznámějším přístrojem pro měření jemnosti bavlněných vláken je přístroj MICRONAIRE. Princip měření (dle normy [29]) spočívá v uzavření chomáčku neorientovaných vláken o stanovené hmotnosti (cca 5g) do válce s perforovaným dnem. Tímto vzorkem se nechá procházet vzduch při odpovídajícím tlaku. Při ustálení měřidla průtoku vzduchu se výsledná propustnost v mikronérní hodnotě<sup>6)</sup> odečte přímo na stupnici přístroje. Dle rovnice (7) se dá tato jemnost přepočítat na jemnost v [dtex]:

$$t_v = Mi * \frac{1}{2,54}, \quad (7)$$

kde  $Mi$  je jemnost vláken v micronairech a  $\frac{1}{2,54}$  vyjadřuje převodní konstantu. [6, 29]

Aby nedošlo ke zkreslení výsledků, je třeba z testovaného vzorku odstranit případné příměsi (semena, písek, kousky stonků, u recyklovaných vláken nerozvolněné kousky přízí a jiných nečistot).

Obrazová analýza Lucie pracuje s příčnými řezy vláken nebo přízí, jejichž doporučený postup tvorby je uveden v normě [26]. Pomocí kamery umístěné na mikroskopu jsou jednotlivé řezy snímány a ukládány do počítače ve formě obrazů. Zpracováním řezů pomocí software je možné získat velikost plochy příčného řezu vlákna a dle rovnice (3) dopočítat jemnost, zaplnění, počet vláken v řezu, průměr příze.

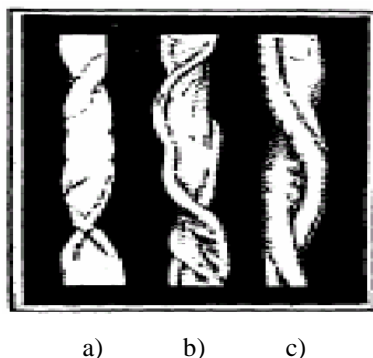
---

<sup>6)</sup> Ukazatel propustnosti vzduchu určitým množstvím bavlny za stanovených podmínek; vyjadřuje se v tzv. jednotkách mikronérní stupnice (řada bavln, ke kterým jsou na základě mezinárodní dohody přiřazeny mikronérní hodnoty) [45]



### 1.5.1.3 Zralost

Stupeň zralosti bavlněných vláken ovlivňuje barvitelnost. Zralá vlákna jsou výrazně stočená (překroucená) a mají ledvinkovitý nebo téměř kruhový tvar s výrazným lumenem (obr. 19c), nezralá bavlna je jen minimálně stočená a vlákno nemá téměř žádný lumen (obr. 19 a). Důsledkem toho dochází ke špatnému probarvování a vytváření bílých nebo slabě probarvených míst na přízi. Tyto vady se nejvíce projeví ve výsledném produktu (tkanině nebo pletenině).



Obr. 19 Stupeň zralosti bavlněných vláken [49]  
a) nezralé vlákno, b) polozralé vlákno, c) zralé vlákno

Zralost lze určit pomocí mikroskopu pracujícího s polarizovaným světlem (obr. 20a). Princip zkoušky [28] spočívá ve zkoušení vlastností dvojlomu bavlněných vláken na bázi infračervených barev, kdy se zaznamenává počet zralých a mrtvých vláken podle jejich probarvení (zralá vlákna jsou po celé délce nebo alespoň z ½ zbarvena zeleně, mrtvá vlákna přejímají barvu pozadí, tj. červenou nebo průsvitnou – viz. obr. 20b). Množství polozralých vláken  $n_p$  se nezaznamenává, ale zjistí se výpočtem [28]

$$n_p = n - (n_z + n_m), \quad (8)$$

kde  $n$  je celkový počet vláken,  $n_z$  je počet zralých vláken a  $n_m$  je počet mrtvých vláken zjištěných z cca 5-ti preparátů (podle celkového počtu vláken v jednotlivých preparátech).

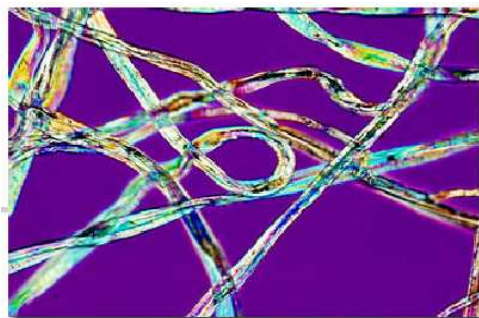
Pro srovnatelnost výsledků zkoušek a zařazení bavlny do třídy zralosti se dle (9) vypočítá číslo zralosti  $\check{c}_z$  [43]

$$\check{c}_z = \frac{(n_z * 3,0) + (n_p * 1,5) + (n_m * 0,5)}{n_z + n_p + n_m}, \quad (9)$$

kde 3,0 je koeficient pro zralá vlákna, 1,5 je koeficient pro polozralá vlákna a 0,5 je koeficient pro mrtvá vlákna.



a)



b)

Obr. 20 Polarizační mikroskop (a) s detailem preparátu s bavlněnými vlákny (b) [49]

Další metodou, kterou lze zralost vláken zjistit, je za pomoci obrazové analýzy pracující s příčnými řezy. Pro výpočet (10) postačí znát pouze dva parametry (obvod příčného řezu vlákna  $P_v$  a velikost plochy sekundární stěny  $A$ ). Výsledný stupeň zralosti  $S_z$  se vypočte [49]

$$S_z = \frac{4\pi A}{P_v^2}. \quad (10)$$

Čím je vlákno kruhovitější, tím je vlákno zralejší. Na tomto principu určování zralosti je vyhodnocována zralost vláken na přístroji AFIS firmy Zellweger Uster.

#### 1.5.1.4 Pevnost a tažnost

Pevnost a tažnost vláken se řadí mezi mechanické vlastnosti. Tyto vlastnosti ovlivňují nejen zpracovatelnost, ale mají vliv i na použití textilií. Výrazný vliv na ně mohou mít okolní klimatické podmínky, kdy vlivem vyšší vlhkosti může dojít ke zvýšení nebo naopak ke snížení pevnosti a tažnosti. Pevnost je dle normy [16] definována jako maximální síla působící na zkušební vzorek při zkoušce tahem za stanovených podmínek, při které dojde k přetrhu. U bavlněných vláken souvisí s jejich zralostí [5]. Tažnost [16] je definována jako poměr prodloužení zkušebního vzorku ku jeho počáteční délce.

Dá se zjišťovat pevnost a tažnost jednotlivých vláken (dle normy [16]) nebo pro získání rychlejších výsledků o pevnosti testované suroviny lze u bavlněných vláken použít svazkovou pevnost (dle normy [18]).

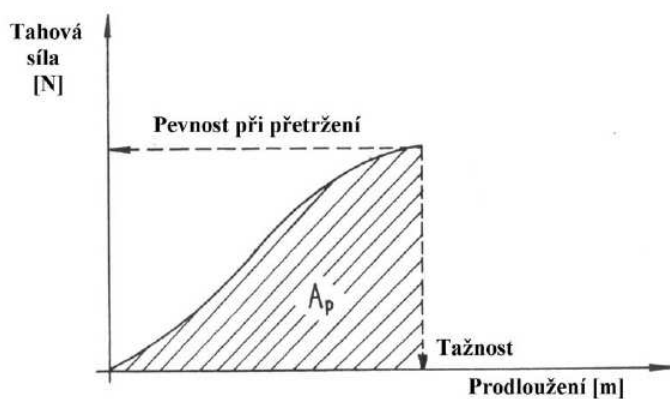
Princip zjišťování pevnosti a tažnosti jednotlivých vláken spočívá v namáhání jednotlivých vláken při konstantním přírůstku prodloužení až do přetrhu. Zaznamenává se prodloužení vlákna a jemu odpovídající pevnost (obr. 21). V textilní praxi se výsledná pevnost vyjadřuje tahovým napětím  $\sigma$  [8]

$$\sigma = \frac{F}{t_v}, \quad (11)$$

kde  $F$  [cN] je tahová síla ve vlákne zjištěná při přetrhu. Užitím vztahu (3) a dosazením do (11) se potvrzuje podmínka, že  $\sigma$  je závislá na  $\rho$  [8].

$$\sigma = \frac{F}{s\rho} = \frac{F/s}{\rho}. \quad (12)$$

Čím je větší  $\rho$ , tím menší je  $F$  při stejném napětí  $\sigma$ .



Obr. 21 Pracovní křivka pevnosti a tažnosti

Svazková pevnost bavlněných vláken se zjišťuje na Pressleyho přístroji. Svazek urovnaných vláken přibližně o šířce 6 mm je upnut do čelistí (zvolit se může nulová upínací délka nebo po vložení vložky délka 3,2 mm). Přecházející vlákna, která přesahují čelisti jsou odříznuta. Tím je uvnitř čelistí uzavřena známá délka svazku vláken. Čelisti se vloží do kolejniček vahadla. Vlastní přetrh je realizován pojezdem závaží po páce, která při přetrhu klesne a zastaví závaží. Na páce se v místě zastavení závaží odečte pevnost svazku  $F_s$  [lb<sup>7)</sup>]. Po vyjmutí přetrženého svazku vláken se na vahách zjistí jeho hmotnost  $m$  [mg]. Pomocí (13) se vypočítá tzv. Pressleyho index  $PI$ , který se dle (14) přepočítá na poměrnou pevnost svazku  $f_s$  [cN.tex<sup>-1</sup>]. Nevýhodou metody je správný odhad velikosti svazku (slabý svazek se přetrhne příliš brzo, naopak silný svazek se nemusí přetrhnout). [18]

<sup>7)</sup> 1 libra = 4,448 N

$$PI = \frac{F}{m}, \quad (13)$$

$$f_s = PI * 5,36, \quad (14)$$

kde 5,36 je konstanta při  $l_0 = 0$  mm. [6]

Každá vlastnost určitým způsobem má vliv na výslednou vlastnost příze. V tabulce 3 je uveden ucelený přehled jednotlivých vlastností se vztahem k přízi.

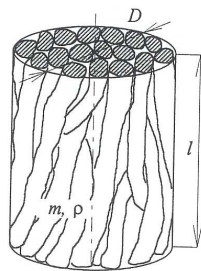
Tabulka 3 Vztah mezi vlastnostmi vláken a přízí [46]

Parametr vlákna	Vztah k přízi
staplová délka	spřadatelnost
stejnomořnost délky	spřadatelnost, nestejnomořnost
obsah nečistot	výtěžnost
nopky	nopkovitost
jemnost	spřadatelnost
zralost	pevnost, barvitelnost
pevnost	pevnost příze, přetrhovost
tažnost	přetrhovost

### 1.5.2 Struktura a vlastnosti přízí

Příze je důležitým poloproduktem textilní výroby, neboť slouží pro výrobu tkanin, pletenin, provaznických výrobků atd.

Vyrobená příze netvoří homogenní válec. Mezi jednotlivými vlákny tvořícími přízi se vyskytují vzduchové mezery, hustota stěsnání vláken v průřezu není rovnoměrná a směrem k povrchu příze přechází do oblasti chlupatosti. Pro vyjádření geometrických vlastností si lze přízi představit jako homogenní válec o určitém průměru  $D$ , délce  $l_p$ , hmotnosti  $m_p$  a měrné hustotě  $\rho$  (obr. 22).



Obr. 22 Idealizovaný tvar příze [8]

### 1.5.2.1 Jemnost

Jemnost příze  $T_p$  [tex] lze vyjádřit podílem mezi hmotností  $m_p$  [g] a délkou  $l_p$  [km], nebo ji lze vypočítat z hustoty vláken  $\rho$  a průřezu příze  $S$  [21].

$$T_p = \frac{m_p}{l_p} = \frac{\rho \cdot V}{l_p} = \frac{\rho \cdot S \cdot l_p}{l_p} = \rho \cdot S \quad (15)$$

kde  $S = \sum s_i$  [mm<sup>2</sup>] je označován jako substanční průřez.

Poměrná jemnost  $\tau$  [-] vyjádřena poměrem jemnosti příze  $T_p$  ku jemnosti vláken  $t_v$  se využívá k odhadu počtu vláken v příčném řezu příze, jenž se vyjadřuje koeficientem počtu vláken  $k_n$  [-]

$$k_n = \frac{n_r}{\tau}, \quad (16)$$

kde  $n_r$  je reálný počet vláken v průřezu příze. V ideálním případě by vyšel koeficient  $k_n$  roven jedné, ale v praxi vychází většinou menší než jedna, protože vlákna jsou vlivem zákrutu vzhledem k ose skloněna, vytínají větší plochu a v důsledku toho jich je průřezu méně. [21]

### 1.5.2.2 Zaplnění a porozita

**Zaplnění**<sup>8)</sup>  $\mu$  [21] vyjádřeno podílem vláken obsažených v přízi lze vypočítat ze součtu průřezu všech vláken v řezu příze  $S$  ( $S = \sum s_i$ ) ku celkovému průřezu příze  $S_c$ , nebo podílem objemu vláken  $V_v$  ve vlákenném útvaru ku celkovému objemu vlákenného útvaru  $V_c$  [21]. Pohybuje se v intervalu  $\mu = <0; 1>$ .

$$\mu = \frac{S}{S_c} = \frac{V_v}{V_c}. \quad (17)$$

Za předpokladu zanedbání hmotnosti vzduchu je také možné vyjádřit zaplnění  $\mu$  podílem hustoty příze  $\gamma$  [1] ku měrné hmotnosti vláken  $\rho$

$$\mu = \frac{\gamma}{\rho}. \quad (18)$$

---

<sup>8)</sup> Název vznikl na katedře přádelnictví a zušlechťování VŠST Liberec při řešení teorie tvarovacího procesu u hedvábí [29]

Efektivní zaplnění  $\mu_{ef}$  je vyjádřeno jako podíl plochy vláken v kruhu o efektivním průměru  $d_{ef}$  ku ploše tohoto kruhu, tj. radiální průběh zaplnění je nahrazen konstantním průběhem. [21]

Se zaplněním úzce souvisí **porozita**, která vyjadřuje podíl vzduchu v přízi. Vypočítá se  $(1-\mu)$ .

Korekce zaplnění dle sklonu vláken způsobenými migračními jevy se vyjadřuje koeficientem migrace  $k_s$ , jenž se určí dle vztahu [27]

$$k_s = \frac{\bar{S}_r}{\frac{T_p}{\rho}}, \quad (19)$$

kde  $\bar{S}_r$  je průměrná hodnota souhrnné plochy všech vláken v příčném řezu příze [ $\text{mm}^2$ ]. Orientační hodnota zaplnění udávaná pro bavlněné mykané příze (dle [8]) se pohybuje od 0,37 do 0,52 [-].

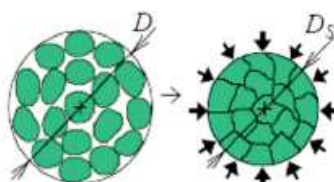
### 1.5.2.3 Průměr

Mezi vlákny v přízi se vyskytují vzduchové mezery, které mají vliv na průměr příze  $D$ , jež lze vypočítat [21]

$$D = \sqrt{\frac{4T_p}{\pi\mu\rho}}. \quad (20)$$

Je-li z příze vytlačen všechen vzduch, je zaplnění  $\mu$  rovno 1. Získá se tak substanční průměr příze  $D_s$  (obr. 23), který představuje teoreticky nejmenší možný průměr měřený na přízi. Platí, že  $D_s < D$ .

$$D_s = \sqrt{\frac{4T_p}{\pi\rho}}. \quad (21)$$



Obr. 23 Průměr příze  $D$  a substanční průměr příze  $D_s$  [21]

Efektivní průměr příze  $d_{ef}$  je experimentálně určený průměr příze, který lze určit např. jako hodnotu odpovídající průměrnému radiálnímu zaplnění 0,15 podle normy

[27], nebo jako hodnotu odpovídající 50 % křivky zčernání podle normy [25]. Efektivní poloměr příze odpovídá ½ efektivnímu průměru příze.

#### 1.5.2.4 Zákrut

S jemností příze  $T_p$ , substančním průměrem příze  $D_s$  a zaplněním  $\mu$  souvisí **zákrut** příze  $Z_p$  [ $\text{m}^{-1}$ ], který se vyjadřuje počtem celých ovinů vztažených na jednotkovou délku příze (nejčastěji na 1 metr). Čím je zákrut vyšší, tím dochází k většímu stlačování vláken v přízi, zmenšuje se průměr příze a roste zaplnění. Intenzita zákrutu  $\kappa$  [-] je dána vztahem:

$$\kappa = \pi D Z_p. \quad (22)$$

Bylo-li by zkoumáno stoupání šroubovice při stejném počtu zákrutů u přízí různých jemností, zjistilo by se, že toto stoupání by bylo stejné. Z tohoto zjištění vychází funkční závislost, která je vyjádřena koeficientem zákrutů  $\alpha$  [ $\text{m}^{-1} \cdot \text{ktx}^{1/2}$ ]. Vztah [21]

$$Z_p = \alpha \frac{31,623}{\sqrt{T_p}} \quad (23)$$

označován jako *Köchlinův*, je odvozen z předpokladu, že výška jednoho ovinu vlákna v ideální přízi je výškou šroubovice. Tento vztah (23) byl upraven *Phrixem* na tvar [21]

$$Z_p = a_m \frac{100}{\sqrt[3]{T_p^2}}, \quad (24)$$

kde  $a_m$  [ $\text{m}^{-1} \cdot \text{ktx}^{2/3}$ ] vyjadřuje Phrixův zákrutový koeficient využívaný pro příze. [21]

K zjišťování zákrutů příze slouží zákrutoměry. Pro zkoušení skaných nití se používá přímá metoda (dle normy [30] nebo [31]), pro jednoduché příze nepřímá metoda s napínačem a omezovačem a pro hedvábí nepřímá metoda do překroucení (postup měření je uveden v normě [30]).

Mezi jemností  $T_p$ , zákrutem  $Z_p$  a průměrem příze  $D_s$  je pozorována určitá souvislost [8]:

- větší zákrut => menší průměr příze
- jemnější příze => menší průměr => často větší zaplnění

### 1.5.2.5 Nestejnomyěrnost

Tato vlastnost je velice sledovanou a obsáhlou oblastí. Věnovalo se jí a doposud věnuje řada autorů (Ursíny, Neckář, Militký, Cihlářová, firma Zellweger Uster). Byla předmětem mnoha vědeckých prací.

Nestejnomyěrnost, jenž je charakterizována jako procentuální vyjádření kolísání náhodně proměnné veličiny, patří k základní vlastnosti pramenů, přástů a nití. Do určité míry je ovlivněna nestejnomyěrností dalších vlastností přízí (zákrutem, pevností). Projevuje se negativně ve výsledném produktu - v tkanině nebo pletenině. Současně má vliv i na přetrhovost při dopřádání. [13]

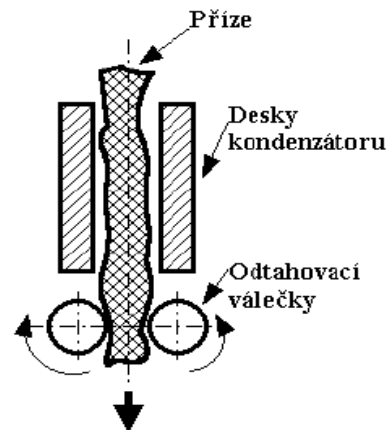
Praxe ukazuje, že nelze vyrobit absolutně stejnou přízi. Z teorie hmotné nestejnomyěrnosti vyplývají tři základní hlediska a příčiny: je způsobena náhodným rozložením vláken v průřezu délkového vlákenného útvaru, dále náhodným charakterem vláken a v neposlední řadě nedokonalostí výroby. Vyjadřuje se [13]:

- lineární hmotnou nestejnomyěrností  $U$  [%] vycházející ze statistické rozptylové charakteristiky (lineární odchylky od střední hodnoty),
- kvadratickou hmotnou nestejnomyěrností  $CV$  [%] vyjádřenou variačním koeficientem hmotnosti délkových úseků vlákenného útvaru. Za předpokladu normálního rozdělení četnosti odchylek hmoty od průměru existuje mezi  $U$  a  $CV$  vzájemná velikost dána vztahem:
$$CV = 1,25 U, \quad (25)$$
- limitní hmotnou nestejnomyěrností  $Cv_{lim}$  [%] (tj. mezní nestejnomyěrností) - vyplývá z náhodného uspořádání vláken v pramenu, přástu nebo přízi, reprezentuje „ideální stav“,
- indexem nestejnomyěrnosti  $I$  [-] – vyjadřující míru nestejnomyěrnosti reálného vlákenného produktu (ukazuje, jak se reálný vlákenný produkt odchyluje od ideálního, který má  $I = 1$ ),
- výrobní nestejnomyěrností  $CV_f$  [%] způsobenou výrobním procesem
- strojovou nestejnomyěrností  $CV_m$  [%], kterou vložil do produktu sledovaný stroj.





a)



b)

Obr. 24 Uster Tester 4 (Zellweger Uster) (a), b) princip měření [51]

Podle délky úseku, na kterou se délková textilie rozdělí, je možné sledovat hmotnou nestejnoměrnost na krátkých nebo na dlouhých úsecích.

K zjišťování nestejnoměrnosti byla vyvinuta řada metod. Nejznámější a v současnosti nejčastěji využívanou metodou je metoda pracující na principu změny kapacity kondenzátoru. Na tomto principu pracuje přístroj švýcarské firmy Zellweger Uster *Uster Tester* (obr. 24a), který změnou délky elektrody v kondenzátoru je možný použít také pro měření přástu nebo pramene. Příze (nahrazující dielektrikum) je vedená mezi deskami kondenzátoru (obr. 24b), kde je generováno vysokofrekvenční elektrické pole. Svoji nestejnoměrností (kolísáním hmotnosti) způsobuje kolísání kapacity měřicího kondenzátoru (mění se elektrický signál spolu s výstupním signálem). Změna kapacity znamená také změnu frekvence oscilátoru, která se srovnává s frekvencí srovnávacího oscilátoru. Výsledkem je kolísání hmoty testovaného vlákenného materiálu procházejícího mezi deskami. Tento analogový signál je převeden na digitální. Výstupem pak je [13]:

- údaj o lineární U [%] a kvadratické CV [%] nestejnoměrnosti;
- údaj o počtu silných a slabých míst a nopků – zjišťují se pomocí imperfekčního indikátoru, který registruje odchylky od jmenovité hmotnosti nad nastavenou relativní mez (např. +30, +40, -50%). Výsledný počet vad je pak udáván hodnotou imperfekčního indikátoru na měřenou délku;
- grafické znázornění nestejnoměrnosti pomocí spektrogramu - zachycuje statistické rozdělení spektra vlnových délek. Toto grafické znázornění je výsledkem načítání periodických výchylek změny hmotnosti seřazených

do tříd s délkou periody  $\lambda$ . Zvýšený počet pravidelně se opakujících vad se ve spektrogramu projeví značným vyvýšením, tzv. „komínkem“ (viz. obr. 49), který přísluší určité délkové vlně. V praxi to znamená, že tato vada je způsobena nějakou mechanickou závadou stroje (např. porušeným povlakem protahovacího válečku, opotřebením jednotlivých součástí aj.). Pro zjištění konkrétního vadného dílu lze užít vztah (26) nebo (27) [13].

$$\lambda = \pi d P, \quad (26)$$

kde  $\lambda$  je délka vlny odpovídající harmonickému kolísání hmotnosti [m],  $d$  je průměr pravděpodobně vadného válečku [m] a  $P$  je průtah mezi vstupním válečkem a vadným válečkem [-].

$$n_f = \frac{v}{\lambda_p}, \quad (27)$$

kde  $n_f$  [1/min] je frekvence otáčení vadného dílu  $v$  je výstupní rychlost produktu ze stroje [m/min] a  $\lambda_p$  je délka příslušné vlny [m]. Tento výpočet vychází z principu, že vypočítaná frekvence a frekvence otáčení vadného dílu jsou shodné (tj. na základě takto zjištěné frekvence se zjistí ty díly stroje, které mají přibližně shodnou frekvenci otáčení).

- údaj o chlupatosti – je měřena optickým senzorem
- údaj o jemnosti délkové textilie.

Stejně jako u jiných vlastností je možné výsledné parametry porovnat s normami, tak i u této vlastnosti je možné zjištěné výsledky porovnat podle určitých norem – standardů. Jednotlivé údaje o nestejnomyšernosti příze celosvětově shromažďuje firma Zellweger Uster, která na základě nich vydává v pravidelných časových úsecích tzv. Uster – Statistics (nejnovější je z r. 2007). Zde jsou informace shrnuty do jednotlivých grafů (viz. přílohu 4, str.11-19), které umožňují posoudit nestejnomyšernost dané příze v poměru k většině na trhu se vyskytujících přízí stejného typu a jemnosti.

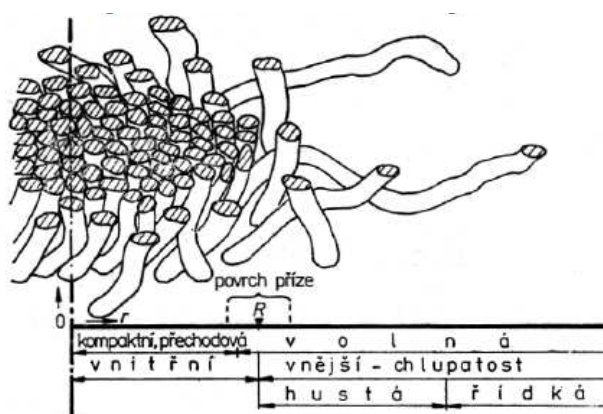
#### 1.5.2.6 Chlupatost

Chlupatost je definována množstvím vystupujících nebo volně pohyblivých konců vláken (příp. vláknenných smyček) z příze nebo plošné textilie, kde kritériem pro

posuzování je počet odstávajících vláken, jako délkových nebo plošných jednotek ve směru kolmém k přízi nebo plošně naměřeného odstupu konců vláken. [7]

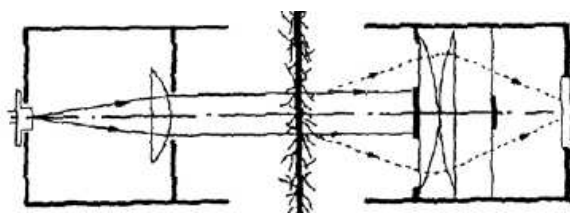
Výrazným způsobem ovlivňuje nejen zpracovatelské vlastnosti příze, jako je např. setkatelnost, spotřeba šlichty, ale i užité vlastnosti finálního produktu (tkaniny, pleteniny,...), které ovlivňují nejen vzhled, ale i omak, zaplnění, nopky. Při posuzování těchto vlastností se rozlišují dvě oblasti chlupatosti: hustá a řídká (obr. 25). Hustá chlupatost přiléhá těsně k tělu příze a kladně ovlivňuje užité vlastnosti, naopak řídká chlupatost je tvořena dlouhými volnými konci vláken a na tyto vlastnosti působí negativně. [45]

Způsoby měření chlupatosti příze jsou různé, od roku 1953 jich bylo vynalezeno více než 70. K nejvíce využívaným patří metody optické a fotometrické, další jsou pneumatické, založené na ztrátě hmotnosti při ožehování, na elektrické vodivosti a jiné. [45]



Obr. 25 Oblasti příze [35]

Na fotometrickém principu měření chlupatosti příze pracuje přístroj Uster Tester 4 (obr. 26). Procházející příze je prosvěcována monochromatickým infračerveným zářením, které eliminuje vliv barvy příze. Výsledná chlupatost  $H [-]$  je úhrnná délka všech vláken změřených na úseku 1 cm příze ve vzdálenosti 1 cm od povrchu příze.



Obr. 26 Princip měření chlupatosti příze na přístroji Uster Tester 4 [45]

K optickým metodám se řadí metoda pomocí obrazové analýzy Lucie<sup>9)</sup> (obr. 27), která pracuje s kolmými průměty příze. Princip měření je založen na průchodu světelných paprsků přízí a spočívá v určení hranice mezi tělem příze a oblastí chlupatosti. Postup měření je stanoven normou [25]. Doporučený počet obrazů podélných pohledů na přízi (obr. 28) je cca 800. Z každého podélného obrazu se vybere pouze 1 řádek hodnot světlostí jednotlivých pixelů, který tvoří jednorozměrnou matici. Tato matice se převede na binární, tj. černá - v daném místě se vyskytuje vlákno, bílá - v daném místě se vlákno nevyskytuje. Funkce chlupatosti se hodnotí jako relativní četnost výskytu černých pixelů v dané vzdálenosti od osy příze (je definována jako střed spojitě sekvence černých pixelů), vybíraných z řady binárních obrazů snímaných v různých místech příze. Celková chlupatost příze je vyjádřena plochou pod křivkou chlupatosti v intervalu ( $D/2$ ;  $3D$ ). Metoda je vhodná pro jednoduché příze jemnosti v rozmezí 7-50 tex. [25]



Obr. 27 Obrazová analýza Lucie [51]



Obr. 28 Podélný pohled na přízi

### 1.5.2.7 Pevnost a tažnost

Pevnost příze je dána nejen pevností vláken, ale také strukturou příze složenou ze zákrutu, stupně napřímení vláken a migrací vláken [7].

Stejně jako u vláken, tak i u příze je pevnost v tahu odezvou materiálu na jeho namáhání (viz. obr. 21). Využití pevnosti je dle Solvověva posuzováno takto: největší pevnost mají vlákna (při zkoušce se přetrhne), nižší využití pevnosti mají svazky vláken (praskne nejslabší vlákno) a nejnižší využití pevnosti má příze (při zkoušce dochází k prokluzování vláken).

<sup>9)</sup> Metoda byla vynalezena na Fakultě textilní Technické univerzity v Liberci. Nadále je zkoumána a zdokonalována.

Postup zjišťování pevnosti a tažnosti přízí musí být v souladu s normou [17]. K testování se používají trhací stroje (např. Instron 4411 (obr. 29)) pracující s konstantním přírůstkem prodloužení. Pro srovnávání je třeba získaná data maximálního protažení  $\Delta l$  [mm] a maximální síly  $F$  [N] přepočítat dle rovnice (28) na poměrnou pevnost  $f_p$  [cN/tex]

$$f_p = \frac{F}{T}, \quad (28)$$

kde  $F$  je maximální síla v [cN] a  $T$  je skutečná jemnost příze a dle (29) na protažení  $\varepsilon_p$  [%]

$$\varepsilon_p = \frac{\Delta l}{l_0} * 100, \quad (29)$$

kde  $\Delta l$  je maximální protažení [mm] a  $l_0$  je upínací délka <sup>10)</sup> vzorku [mm].



Obr. 29 Trhací stroj Instron 4411 [51]

### 1.5.3 AFIS a HVI

Testování suroviny, poloproduktů i produktů v přádelně je velmi důležité, neboť na výsledcích zkoušek závisí výsledná kvalita finálního produktu. Složité ruční a časově náročné měření jednotlivých vlastností je dnes nahrazeno testovacími přístroji řízenými počítači. S jejich použitím je možné během krátké doby získat velmi cenné informace o zpracovávané surovině i o správné funkčnosti použitého strojního zařízení.

<sup>10)</sup> počáteční délka vzorku, která je dána vzdáleností čelistí trhacího stroje (500 mm nebo 250 mm)

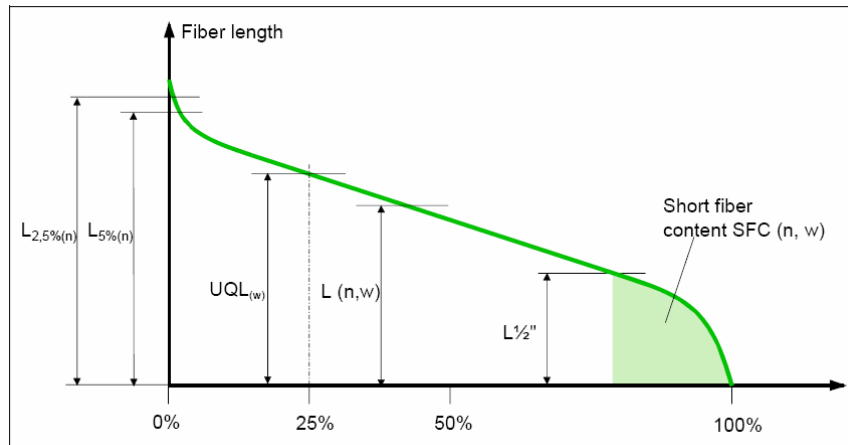
Významným výrobcem přístrojů pro testování bavlněných surovin, poloproduktů a produktů je švýcarská firma Zellweger USTER. Na trhu působí více než 60 let. Za tuto dobu vynalezla a zdokonalila strojní vybavení rozdělené na skupinu LVI (Low Volume Instrument) určenou pro zákazníky, kteří chtějí testovat jeden specifický bavlněný kvalitativní parametr a skupinu HVI (High Volume Instrument) pro testování souboru vlastností bavlněných vláken. K výhodám testování patří:

- výsledek zkoušky není přímo závislý na laborantovi
- jedním přístrojem se změří více vlastností (např. jemnost, délka, zralost)
- testuje se větší množství vzorků za minimální čas (zkrácení celkové doby testování)
- získaná data jsou hned k dispozici
- výsledky zkoušky jsou ukládány v souhrnných zprávách

#### 1.5.3.1 AFIS

Uster AFIS (obr. 31a) byl vynalezen pro testování čistoty bavlněných surovin (nopků). Princip měření probíhá za pomoci proudu vzduchu. Vytvořený pramínek z chomáčku vláken o délce cca 31 cm (30-32) a hmotnosti 0,5 g (0,4-0,6) je předkládán vyčesávacímu válečku. Ten z tohoto praménku vyčesává jednotlivé vlákna, která jsou pomocí vzduchu odváděna do vzduchového kanálu, kde dochází k měření těchto vlastností [48]:

- délka vláken – zaznamenává se průměrná délka vláken zjištěná početním způsobem ( $L_{(n)}$ ) na základě proměření jednotlivých vláken napřímených proudem vzduchu, po automatickém přepočtu je vyjádřena váhovým způsobem ( $L_{(w)}$ ). Tato délka  $L_{(w)}$  je srovnatelná s délkou vláken zjištěnou za pomoci hřebenového třídícího stroje. Nevýhodou je, že je zkreslená, neboť delší vlákna váží více než kratší vlákna. Obecně jakékoliv vypočítané délky jsou citlivější na změny. Proto je pro řízení procesů vhodnější používat délku vláken zjištěnou početním způsobem. Jednotlivé délky se dají zaznamenat do staplového diagramu (obr. 30), z kterého je možné odečíst i další délky jako UQL (w),  $L_{2,5\%}$  ( $n$ ),  $L_{5\%}$  ( $n$ ) a SFC (tj. krátká vlákna), za které se považují ta vlákna, která mají délku kratší než 12,7 mm.



Obr. 30 Staplový diagram délky vláken [48]

- jemnost – za pomoci známé délky vláken, hmotnosti vzorku a počtu vláken je vypočítána jejich jemnost vyjádřena v [mtex]
- zralost – pomocí optického senzoru generujícího stín a rozptyl jednotlivých vláken je možné určit tvar bavlněného vlákna (zralost je pak vyhodnocena na základě obvodu a příčného řezu vlákna). Obvykle je poskytnuta pouze střední hodnota bavlněného vzorku. Obsah nezralých vláken *IFC* je určen procentem nezralých vláken, která jsou definována jako nezralá, pokud je tloušťka buněčné stěny menší než 25% ze 100% plně zralého vlákna. Obecně nižší obsah nezralých vláken způsobuje méně problémů v barvicím procesu (viz. kap. 1.5.1.3).
- obsah nečistot (nopků) – vyhodnocuje, zda jsou nopky textilního (spletence vláken) nebo netextilního (zbytky semen) původu, zaznamenává se nejen jejich počet [1/g], ale také velikost [ $\mu\text{m}$ ]



a)



b)

Obr. 31 Testovací linky – a) AFIS, b) HVI [48]

### 1.5.3.2 HVI

Uster HVI (obr. 31b) dokáže změřit všechny důležité kvalitativní parametry bavlněných surovin [48], tj.

- délku – průměrnou délku horní poloviny délky vláken UHML [mm], index stejnoměrnosti *UI* [-] a index krátkých vláken *SFI* – měření je založeno na optickém principu;
- jemnost v micronairech – vystavení odporu vložky proti pronikání proudu vzduchu (princip přístroje Micronaire – viz. kap. 1.4.1.2, str. 34);
- barvu – optické měření pomocí filtru, který hodnotu *Rd* (odraznost) a *+b* (žlutost) porovnává podle standardů s USDA<sup>11)</sup> nebo barevným diagramem;
- obsah nečistot – optické měření za pomoci kamery skenující povrch se zaznamenává množství temných skvrn, vyskytujících se na ploše vzorku, výsledek je porovnán se standardy;
- zralost – vyjádřená v procentech, je založena na používání algoritmu založeného na několika HVI měření;
- pevnost a tažnost – pevnost je měřena fyzicky sevřením svazku vláken mezi dva páry čelistí o známé vzdálenosti. Jeden pár je pevně uchycen, druhý je od prvního odtahován konstantní rychlostí až do doby, kdy dojde k přetrhu vláken. Prodloužení je pak vyjádřeno na základě vzdálenosti čelistí po přetržení a před přetrhem.
- vlhkost – provádí se před vlastním testováním za pomoci vodivé vlhkostní sondy, kterou se zjistí obsah vlhkosti v bavlněném vzorku;

Všechny tyto parametry jsou změřeny s nejvyšším stupněm přesnosti a preciznosti.

---

<sup>11)</sup> Untited States Department of Agriculture



## 1.6 Hodnocení jednotlivých vlastností

Pomocí statistického programu QC Expert analýzou rozptylu bylo z hlediska materiálového složení provedeno vzájemné porovnání jednotlivých vlastností vláken a přízí měřených různými metodami. Předpokladem pro toto hodnocení bylo ověření normality dat a vyloučení vybočujících měření.

## 1.7 Komplexní kritérium hodnocení jakosti

Znaky jakosti se vyjadřují tzv. užitnými vlastnostmi, které se dají jednoduše změřit (např. pevnost, tažnost) nebo jsou přímo neměřitelné (např. omak, komfort při použití, vzhled). [47]

Na základě přímých a nepřímých měření lze stanovit ukazatele jakosti (průměr, rozptyl)  $x_1, \dots, x_k$ , které vhodným způsobem charakterizují užité vlastnosti. Funkční transformace definuje dílčí úroveň jakosti danou vztahem [46]

$$u_i = f(x_i, L, H), \quad (30)$$

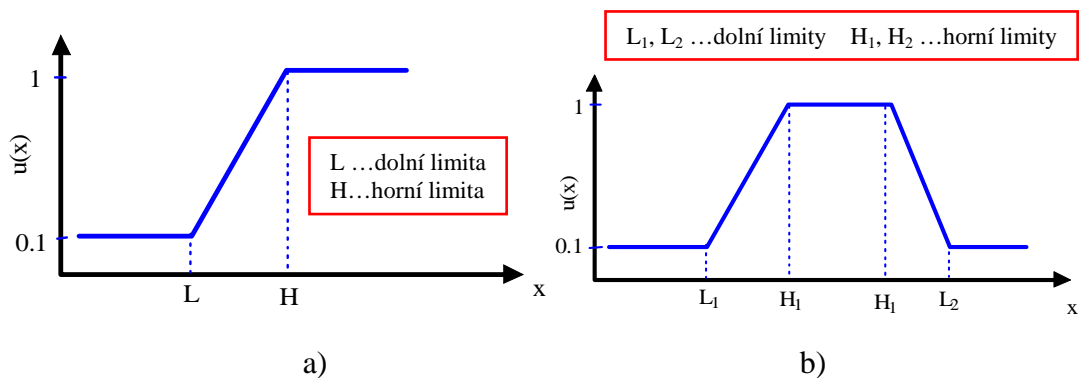
kde  $L$  je předepsaná hodnota užité vlastnosti pro právě nevyhovující bavlnu ( $u_i = 0$ ) a  $H$  pro právě vyhovující bavlnu ( $u_i = 1$ ). Je třeba rozlišovat, zda se jedná o jednostranně ohraničené vlastnosti (obr. 32a), u kterých platí „vyšší je lepší“ (kam patří délka, index stejnoměrnosti, pevnost a tažnost), nebo „nižší je lepší“ (obsah nečistot a množství krátkých vláken), nebo o oboustranně ohraničenou vlastnost (obr. 32b) využívanou při hodnocení jemnosti. Vyjde – li výsledná sledovaná vlastnost  $x$  mezi dolní a horní limitou, vypočítá se její transformace následujícím způsobem [46]:

$$u(x) = \frac{0,9}{H - L}(x - H) + 1. \quad (31)$$

Celková úroveň jakosti označovaná jako **užitná hodnota** produktu, je vyjádřena vhodným váženým obecným průměrem dílčích úrovní [36]

$$u = \text{ave}(u_i, w_i), \quad (32)$$

kde  $w_i$  jsou váhy definující význam dané užité vlastnosti související s účelem použití výrobku.



Obr. 32 Stupeň jakosti vlastnosti: a) monotónně stoupající, b) oboustranně ohraničená

Protože pro nulové  $u_i$  vychází  $u = 0$ , je výsledný index jakosti  $U^*$  (s ohledem na pevnost příze) vyjádřen váženým geometrickým průměrem  $u_i$  s váhami  $w_i$  definující význam dané užité vlastnosti a zároveň související s účelem použití výrobku [46].

$$U^* = \exp\left(\sum_{i=1}^m w_i \ln(u_i)\right). \quad (33)$$

V tabulce 4 jsou uvedeny váhy a meze u vybraných vlastností pro rotorově předenou přízi (převzato z [5]).

Tabulka 4 Váhy a meze pro rotorově předenou přízi [5]

	$w_i$	L	H
$UI [\%]$	0,2	82	86
$t_v [tex]$	0,16	0,150/0,172	0,155/0,180
$UQL(w) [mm]$	0,14	29	31
Pevnost (vibroskop) [cN/tex]	0,28	29	33
Tažnost (vibroskop) [%]	0,09	8	10
Podíl krátkých vláken $SFC(w) \% < 12,7 [mm]$	0,06	6	9,6
Obsah nečistot $SCN [Cnt/g]$	0,07	27	15

## 2. Experimentální část

Důsledkem různých klimatických podmínek dochází u vláken a přízí ke změnám jejich vlastností, které mohou ovlivnit výsledek testování. Aby se těmto změnám předešlo, je třeba před každou zkouškou připravit zkušební vzorky. Tyto vzorky je třeba klimatizovat, a dostat je tak do vhodných podmínek, za kterých může být zkouška provedena.

### 2.1. Příprava vzorků ke zkouškám

Podrobný popis přípravy vzorků pro zkoušení byl v souladu s normou [23]. Klimatické podmínky pro testování v normálním zkušebním ovzduší pro mírné pásmo jsou stanoveny normou [22] takto:

teplota vzduchu  $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ,

vlhkost vzduchu  $65\% \pm 2\%$ .

Tyto klimatické podmínky vzhledem k okolním podmínkám a podmínkám v jednotlivých laboratořích nebylo možné vždy přesně dodržet.

Klimatizování zkušebních vzorků probíhalo dvojím způsobem. Pro testování v laboratoři KTT Technické univerzity v Liberci byly připraveny pomocí klimatizační komory (obr. 33), kde byly uloženy minimálně 24 hodin před plánovanou zkouškou. Vzorky pro testování na lince HVI a AFIS byly uloženy v klimatizované místnosti taktéž minimálně 24 hodin před plánovanou zkouškou.



Obr. 33 Klimatizační komora [51]

## 2.2 Statistické zpracování dat

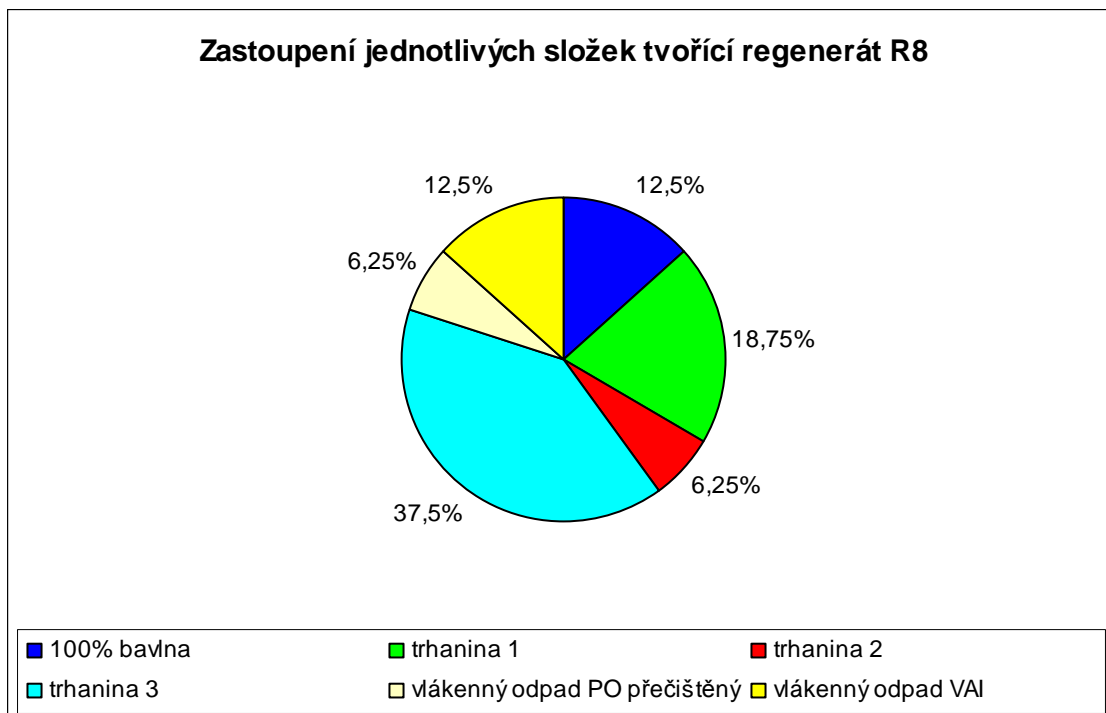
Změřená data jednotlivých zkoušek byly zpracovány pomocí statistického programu QC Expert. Pro extrémně malé výběry ( $4 \leq N \leq 20$ ) byl použit Hornův postup (tzv. pivotační metoda), pro ostatní výběry ( $N \geq 20$ ) byla použita klasická analýza.

## 2.3 Testování suroviny R8

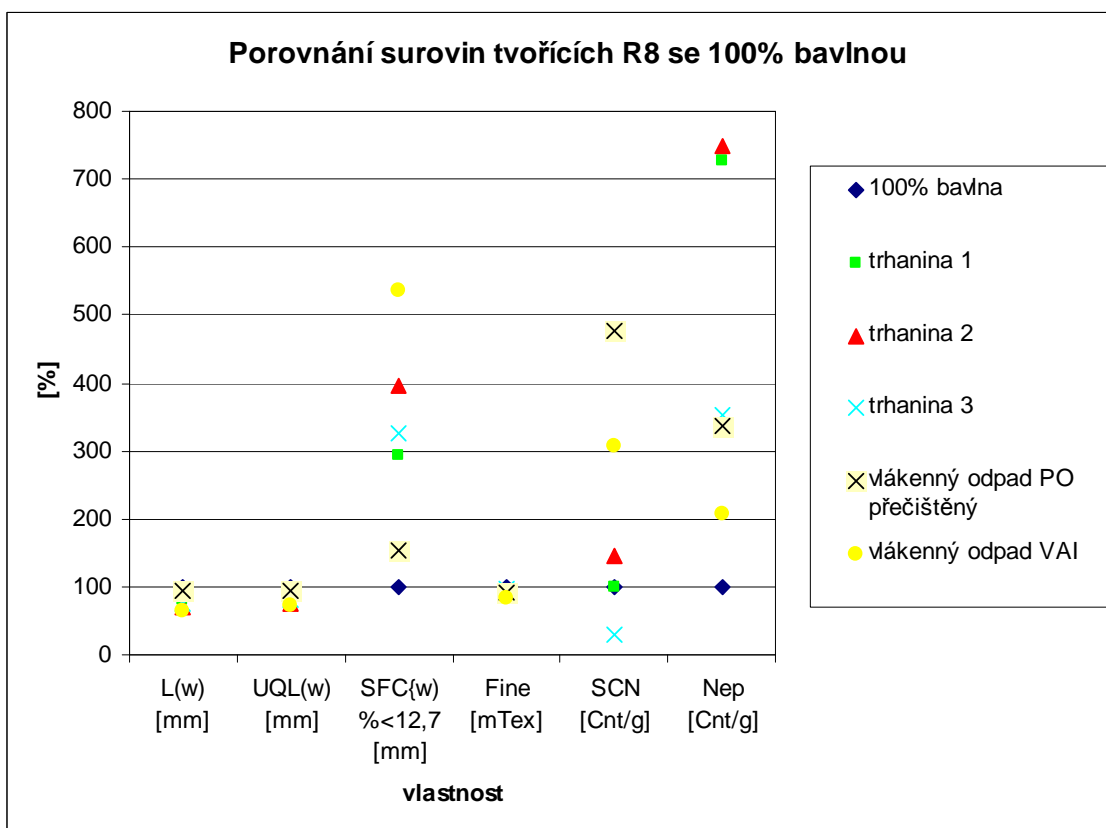
Trhanina použitá pro výrobu příze pod označením R8 obsahuje kromě surovin (viz. tabulka 5) ještě kvalitní 100% bavlnu.

Tabulka 5 Výsledky testování jednotlivých surovin tvořící surovinu R8 (AFIS)

parametr	Složení trhaniny R8					
	Trhanina 1	Trhanina 2	Trhanina 3	Vláknenný odpad PO přečištěný (100% bavlna)	Vláknenný odpad VAI (výčesky)	rozpětí
L (w) [mm]	21,0	18,0	19,6	24,5	16,9	<16,9; 24,5>
L (w) CV [%]	45,9	47,6	45,1	36,5	56,7	<36,5; 56,7>
UQL (w) [mm]	27,7	24,0	25,9	30,3	23,1	<23,1; 30,3>
SFC (w) %<12,7	21,7	29,3	24,1	11,3	39,6	<11,3; 39,6>
L (n) [mm]	14,4	12,4	13,9	18,6	11,1	<11,1; 18,6>
L (n) CV [%]	69,7	67,2	64,4	56,4	71,2	<56,4; 71,2>
SFC (n) %<12,7	49,8	57,2	50,8	33,2	66,9	<33,2; 66,9>
5,0% [mm]	32,0	27,9	30,0	34,2	28,0	<27,9; 34,2>
2,5% [mm]	34,9	30,7	32,5	36,6	32,0	<30,7; 36,6>
Jemnost [mTex]	150,3	153,8	162,0	152,8	140,0	<140,0; 162,0>
IFC [%]	9,2	10,4	9,8	9,1	10,4	<9,1; 10,4>
Zralost [-]	0,9	0,8	0,9	0,9	0,8	<0,8; 0,9>
Nep [μm]	726	726	699	733	676	<676; 733>
Nep [Cnt/g]	1482	1525	720	685	425	<425; 1525>
SCN [μm]	1139	1054	854	1248	1025	<854; 1248>
SCN [Cnt/g]	13	19	4	62	40	<4; 62>
Pevnost Pressley	10,07	8,1	8,41	7,9	-	<7,9; 10,07>



Obr. 34 Procentuální zastoupení složek tvořících surovinu R8



Obr. 35 Grafické porovnání vybraných vlastností suroviny R8 se 100% bavlnou

pozn. Tyto data jsou interním materiálem KTT.

### 2.3.1 Vyhodnocení suroviny R8

Procentuální zastoupení jednotlivých složek v trhanině určené pro výrobu příze R8 je zobrazeno na obr. 34. Patrný je zde významný podíl trhaniny 3 ve výsledné trhanině R8.

Rozborem grafu (obr. 35) porovnávajícím vybrané vlastnosti jednotlivých složek regenerátu se 100% bavlnou, u které byly zjištěné průměrné hodnoty považovány za 100% (tj. standardizované), vychází nepatrný rozdíl v délkách L (w) a UQL (w) a jemnosti. Největší výskyt krátkých vláken se vyskytuje u vlákenného odpadu VAI (tj. u výčesků). Největší počet nopků v 1 g suroviny obsahuje trhanina 2 a nejvíce semenných nopků vztažených na gram má vlákenný odpad PO přečištěný.

## 2.4 Testování poloproduktu - pramene

Pro testování vlastností základní suroviny byly použity mykané prameny ze 100%-ní bavlněné suroviny a 100%-ní regenerované bavlny (pod označením R8).

### 2.4.1 Délka vláken

Pro zjištění délky vláken byla použita přímá a nepřímá metoda uvedená v kap. 1.5.1.1.

#### 2.4.1.1 Metoda přímá

Metoda přímá:

Měřeno v laboratoři KTM.

Klimatizování vzorků: v klimatizační komoře

Klimatické podmínky v laboratoři při zkoušce:  $t = 22^{\circ}\text{C}$ ,  $\phi = 60\%$

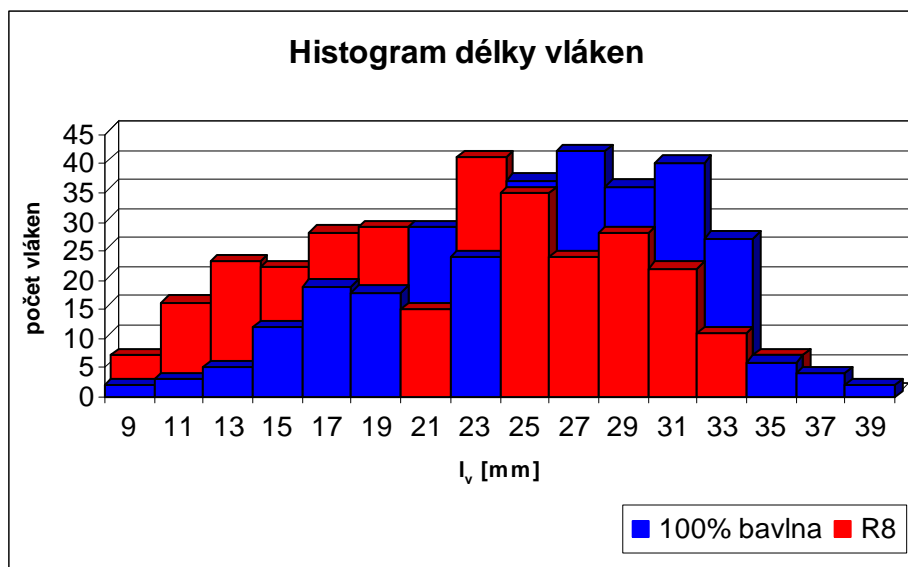
Počet proměřených vláken: 300 od každé suroviny<sup>13)</sup>

Normativní odkaz: ČSN 80 0201 Stanovení délky vláken měřením délky jednotlivých vláken

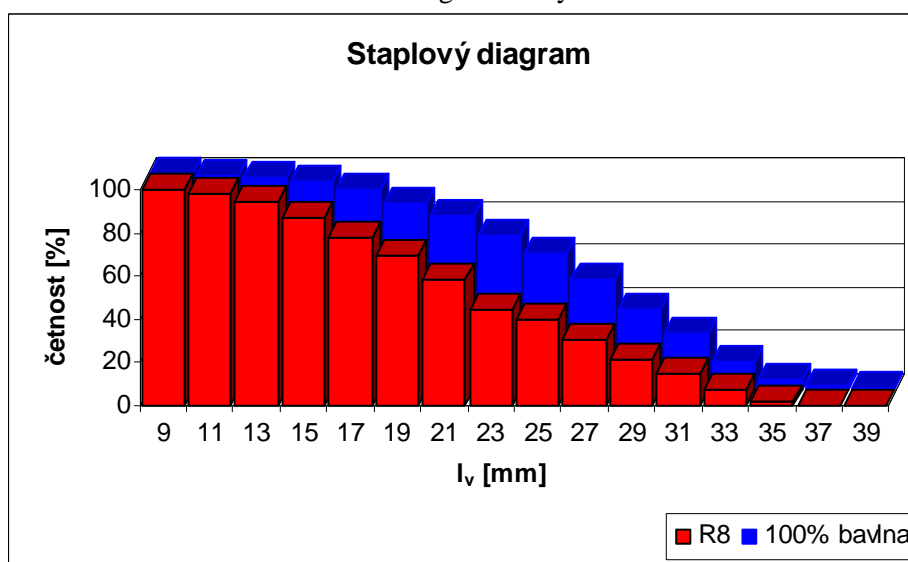
Tabulka 6 Statistické vyhodnocení délky vláken přímé metody

surovina	$\bar{l}_v$ [mm]	$s_{l_v}^2$ [mm <sup>2</sup> ]	$s_{\bar{l}_v}$ [mm]	$v_{\bar{l}_v}$ [%]	IS [mm]	$\hat{x}_{l_v}$ [mm]	$\tilde{x}_{l_v}$ [mm]	min [mm]	max [mm]
100% bavlna	25,42 <24,74; 26,10>	35,88	5,99	23,56	0,68	27	24	8	40
R8	22,12 <21,37; 22,87>	43,56	6,60	29,84	0,75	23	22	8	36

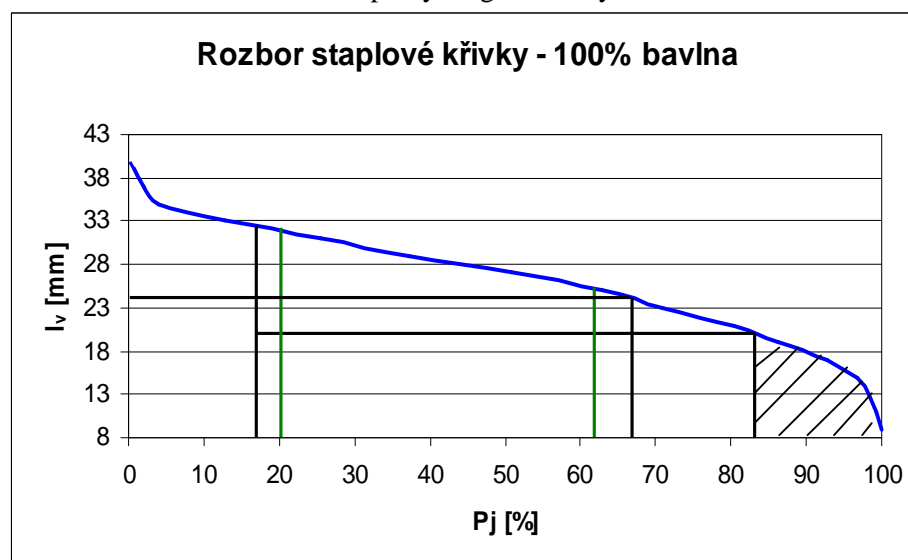
<sup>13)</sup> Normou je stanoveno 500 vláken, po vzájemné dohodě byl tento počet snížen na 300



Obr. 36 Histogram délky vláken

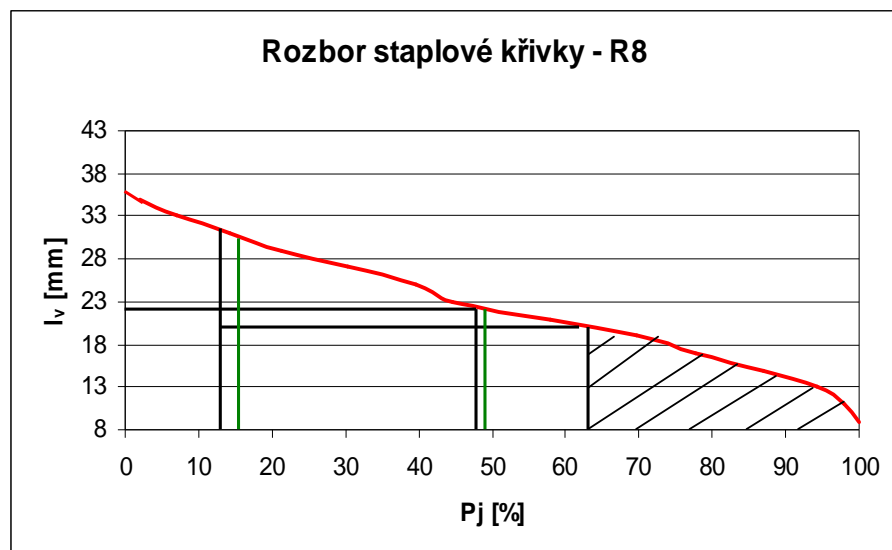


Obr. 37 Staplový diagram délky vláken

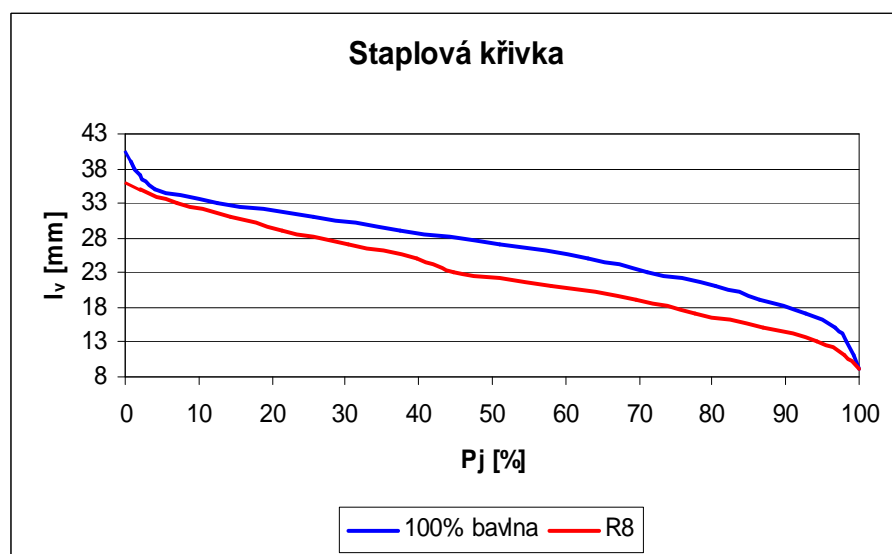


Obr. 38 Rozbor staplové křivky 100%-ní bavlny





Obr. 39 Rozbor staplové křivky R8



Obr. 40 Porovnání staplových křivek délky vláken

Uster AFIS: Interní data KTT.

Tabulka 7 Statistické vyhodnocení délky vláken (AFIS)

metoda	surovina	druh délky	$\bar{l}_v$ [mm]	$s_{l_v}^2$ [mm <sup>2</sup> ]	$s_{\bar{l}_v}$ [mm]	$v_{\bar{l}_v}$ [%]	IS [mm]	$\hat{x}_{l_v}$ [mm]	$\tilde{x}_{l_v}$ [mm]	min [mm]	max [mm]
AFIS	100% bavlna	<i>UQL</i> (w) [mm]	31,65 <31,56;31,73>	0,11	0,33	1,04	0,09	31,79	31,70	30,70	32,40
		<i>L</i> (w) [mm]	26,07 <25,99;26,15>	0,10	0,32	1,22	0,08	26,14	26,10	25,50	26,70
		<i>L</i> (n) [mm]	21,43 <21,32;21,54>	0,19	0,44	2,05	0,11	21,47	21,45	20,70	22,50
		<i>SFC</i> (n) [%] < 12,7 mm	21,92 <21,58;22,26>	1,93	1,39	6,34	0,34	21,41	21,75	19,30	24,50
		<i>SFC</i> (w) [%] < 12,7 mm	7,36 <7,22;7,51>	0,34	0,58	7,88	0,14	6,87	7,20	6,30	8,60
		5% [mm]	36,07 <36,00;36,14>	0,08	0,28	0,77	0,07	36,14	36,10	35,50	36,8
		2,5% [mm]	38,69 <38,60;38,77>	0,10	0,32	0,82	0,09	38,71	38,70	38,00	39,30
	R8	<i>UQL</i> (w) [mm]	28,31 <28,17;28,45>	0,37	0,61	2,15	0,14	27,97	28,20	27,00	29,60
		<i>L</i> (w) [mm]	21,94 <21,83;22,06>	0,27	0,52	2,37	0,11	21,80	21,90	20,70	23,20
		<i>L</i> (n) [mm]	16,49 <16,39;16,59>	0,22	0,47	2,85	0,10	16,35	16,45	15,20	17,70
		<i>SFC</i> (n) [%] < 12,7 mm	39,56 <39,10;40,02>	4,24	2,06	5,20	0,46	39,08	39,40	35,00	44,70
		<i>SFC</i> (w) [%] < 12,7 mm	17,19 <16,90;17,48>	1,62	1,27	7,38	0,29	17,35	17,25	14,2	19,80
		5% [mm]	32,92 <32,80;33,04>	0,29	0,54	1,64	0,12	32,84	32,90	31,70	33,90
		2,5% [mm]	35,78 <35,68;35,88>	0,22	0,47	1,31	0,10	35,82	35,80	34,60	36,70

### 2.4.1.2 Metoda nepřímá

#### Autosampler<sup>14)</sup>:

Měřeno v laboratoři KTM.

Klimatizování vzorků: v klimatizační komoře

Klimatické podmínky v laboratoři při zkoušce:  $t = 22^{\circ}\text{C}$ ,  $\varphi = 60\%$

Počet měření: 30 od každé suroviny

Normativní odkaz: -

#### Uster HVI:

Měřeno ve VÚB Ústí nad Orlicí.

Klimatizování vzorků: v klimatizační místnosti

Klimatické podmínky v laboratoři při zkoušce:  $t = 20^{\circ}\text{C}$ ,  $\varphi = 66\%$

Počet měření: 8 od každé suroviny

Normativní odkaz: -

Tabulka 8 Statistické vyhodnocení délky vláken (HVI)

surovina	druh délky	$\bar{l}_v$ [mm]	$x_D$ [mm]	$x_H$ [mm]	$R_L$ [mm]	IS [mm]	$\overline{UR}$
100% bavlna	L1	23,83 <22,81;24,85>	22,92	24,73	1,81	1,02	0,83
	L2	28,82 <28,09;29,55>	28,17	29,46	1,29	0,73	
R8	L1	21,94 <20,77;23,11>	20,90	22,98	2,08	1,17	0,80
	L2	27,34 <26,19;28,49>	26,32	28,36	2,04	1,15	

<sup>14)</sup> statistické vyhodnocení je na str. 67

Tabulka 9 Statistické vyhodnocení délky vláken (Autosampler)

metoda	surovina	druh délky	$\bar{l}_v$ [mm]	$s_{l_v}^2$ [mm <sup>2</sup> ]	$s_{\bar{l}_v}$ [mm]	$v_{\bar{l}_v}$ [%]	IS [mm]	$\hat{x}_{l_v}$ [mm]	$\tilde{x}_{l_v}$ [mm]	min [mm]	max [mm]	$\overline{UR}$
Autosampler	100% bavlna	L1	20,08 <19,75;20,40>	1,06	1,03	5,12	0,33	20,44	20,21	17,81	22,31	0,60
		L2	33,45 <33,18;33,71>	0,70	0,83	2,48	0,36	33,04	33,31	31,81	35,11	
	R8	L1	15,55 <15,37;15,72>	0,29	0,54	3,47	0,18	15,43	15,51	14,61	16,71	0,53
		L2	29,21 <29,00;29,42>	0,45	0,67	2,29	0,21	28,91	29,11	27,81	30,51	

### 2.4.1.3 Vyhodnocení délky vláken

#### Přímá metoda

Statistické vyhodnocení dat jednotlivých zkoušek měření délky vláken přímou metodou je uvedeno v tabulce 6, graficky jsou pak zaznamenány na obr. 36 až 40.

Obr. 36 vzájemně porovnává histogramy délky vláken. Patrný je zde rozdílný výskyt četnosti délky vláken (u R8 tento výskyt odpovídá délce vláken **23 mm**, u 100%-ní bavlny délce **27 mm**). Staplové diagramy jsou porovnány na obr. 37. Rozborem jednotlivých staplových křivek (obr. 38 a 39) bylo určeno procento krátkých vláken, které u 100%-ní bavlny odpovídá **16%**, u R8 **37%** (ve 100% proměřených vláknech). Těmito rozbory se potvrdil předpoklad většího výskytu krátkých vláken u suroviny R8 složené z textilních odpadů. Zelenými úsečkami je zobrazena tzv. disperze (tj. ideální složení délky vláken v surovině pro zpracování). Jednotlivé staplové křivky jsou nakonec vzájemně porovnány (obr. 40).

#### AFIS

Statistické vyhodnocení jednotlivých délek vláken z AFISu je v tabulce 7. Vzájemným porovnáním má 100% bavlna delší vlákna než R8. Podíl krátkých vláken je u regenerovaných vláken R8 vyšší.

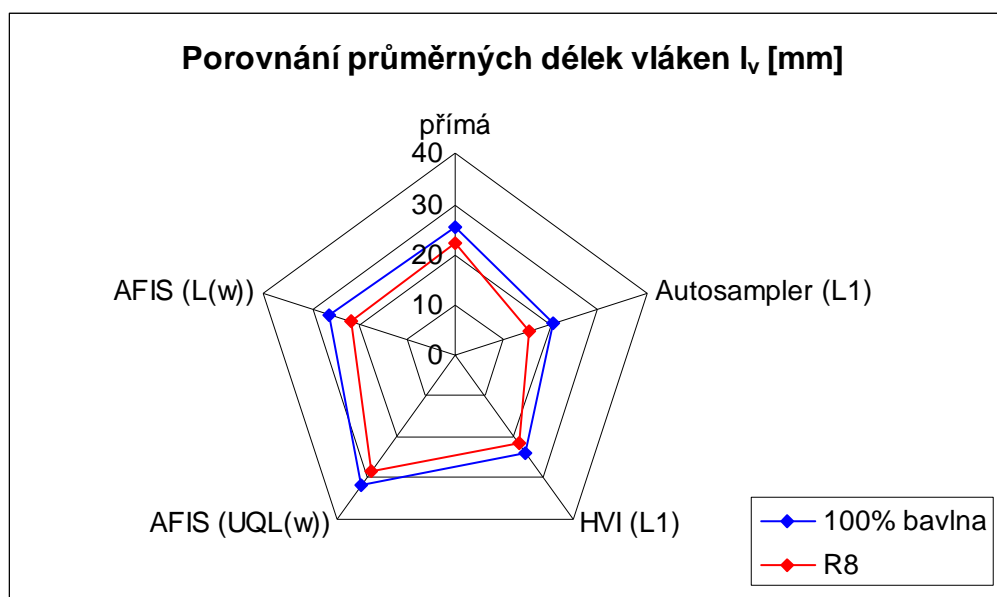
Vzájemným porovnáním průměrných hodnot suroviny R8 s hodnotami jednotlivých složek tvořící regenerát vyšlo: délka UQL (w), L (w), 5% a obsah SFC (w) odpovídá přibližně trhanině 1 (v surovině je zastoupena 18,75 %), délka L (n) a SFC (n) naproti tomu odpovídá vlákennému PO odpadu přečištěnému (je ve výsledné surovině zastoupena pouze 6,25%). Ani jedna hodnota se nepřiblížila k hodnotám trhaniny 3, která má ve výsledné surovině největší zastoupení.

#### Celkové vyhodnocení

Vybrané průměrné délky vláken z přímé metody, Autosampleru, AFISu a HVI jsou zobrazeny na obr. 41. Jak je patrné z tohoto grafu, ve všech použitých metodách je délka vláken suroviny R8 kratší než u 100% bavlny (porovnání odpad x jakostní surovina).

Vypočítaná stejnoměrnost staplu  $UR$  z linky HVI dle rovnice (1) (viz. kap.1.5.1.1) byla porovnána s údaji uvedenými v [46]. Podle těchto údajů byla

vyhodnocena stejnoměrnost staplu u 100% bavlny jako vysoká, u R8 průměrná (tj. čím je *UR* vyšší, tím lepší).



Obr. 41 Porovnání průměrných délek vláken

## 2.4.2 Jemnost vláken

### Vibroskopická metoda:

Měřeno v laboratoři KTM.

Klimatizování vzorků: v klimatizační komoře

Klimatické podmínky v laboratoři při zkoušce:  $t = 23^{\circ}\text{C}$ ,  $\varphi = 66\%$

Zadávané parametry: předpokládaná jemnost vláken 1,70 dtex

předpokládaná délka staplu: 32,00 mm

počet měřených vláken: 50

upínací délka: 10 mm

rychlost posuvu čelistí : 10 mm/min

předpětí: 100 mg

Normativní odkaz: ČSN EN ISO 1973 (80 0269) Textilní vlákna – zjišťování  
délkové hmotnosti – Gravimetrická a vibroskopická metoda

### Gravimetrická metoda:

Měřeno v laboratoři KTM.

Klimatizování vzorků: v klimatizační komoře

Klimatické podmínky v laboratoři při zkoušce:  $t = 24^{\circ}\text{C}$ ,  $\varphi = 66\%$

Délka vláken ve snopku: 11.8 mm

Počet vláken ve snopku: 500

Počet snopků: 10 od každé suroviny

Normativní odkaz: ČSN EN ISO 1973 (80 0269) Textilní vlákna – zjišťování  
délkové hmotnosti – Gravimetrická a vibroskopická metoda

### Uster HVI:

Měřeno ve VÚB Ústí nad Orlicí.

Klimatizování vzorků: v klimatizační místnosti

Klimatické podmínky v laboratoři při zkoušce:  $t = 20^{\circ}\text{C}$ ,  $\varphi = 65\%$

Hmotnost chomáčku vláken: 10 g

Počet chomáčků: 2 od každé suroviny

Normativní odkaz: -

### Uster AFIS: Interní data KTT.

Tabulka 10 Statistické vyhodnocení jemnosti vláken

metoda	klimatické podmínky	surovina	$\bar{t}_v$ [dtex]	$R_L$ [dtex]	$s_{t_v}^2$ [dtex <sup>2</sup> ]	$s_{\bar{t}_v}$ [dtex]	$v_{t_v}$ [%]	IS [mm]	$\hat{x}_{t_v}$ [dtex]	$\tilde{x}_{t_v}$ [dtex]	min [dtex]	max [dtex]
gravimetrická	t = 24° C φ = 66 %	100% bavlna	1,55 <1,47;1,63>	0,12	-	-	-	0,08	-	-	-	-
		R8	1,52 <1,44;1,60>	0,12	-	-	-	0,08	-	-	-	-
vibroskopická	t = 23° C φ = 66 %	100% bavlna	1,64 <1,57;1,71>	-	0,05	0,22	13,41	0,07	1,55	1,62	1,1	2,07
		R8	1,67 <1,61;1,73>	-	0,04	0,2	11,98	0,06	1,58	1,64	1,32	2,15
HVI <sup>14)</sup>	t = 20° C φ = 65 %	100% bavlna	1,60 <1,47;1,73>	-	-	-	-	0,13	-	-	-	-
		R8	1,64 <1,2;2,08>	-	-	-	-	0,44	-	-	-	-
AFIS	t = 20° C φ = 65 %	100% bavlna	1,66 <1,65;1,67>	-	0,001	0,03	1,81	0,01	1,68	1,67	1,58	1,71
		R8	1,62 <->	-	0,0002	0,01	0,62	- <sup>15)</sup>	1,62	1,62	1,60	1,64

<sup>14)</sup> V důsledku malého počtu měření nemohla být tato zkouška statisticky vyhodnocena.

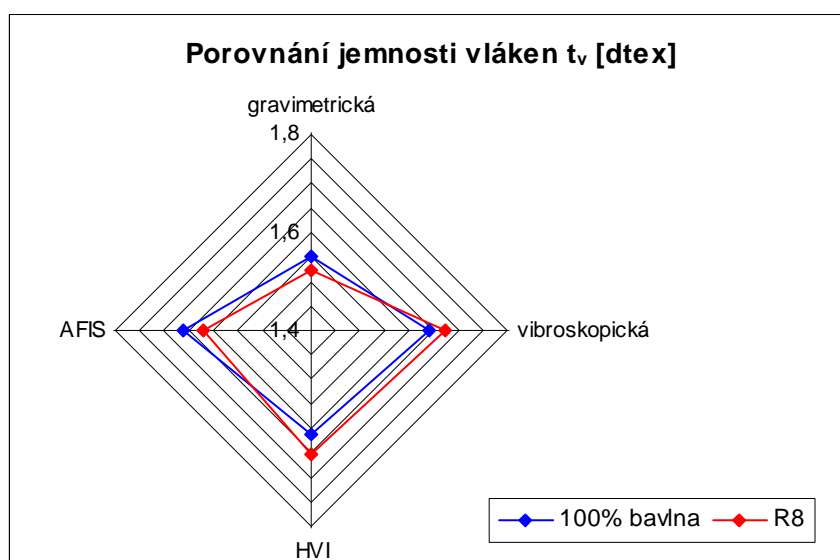
<sup>15)</sup> Interval spolehlivosti vyšel velmi malý (IS=0,003), je proto pro toto hodnocení zanedbatelný.



### 1.4.2.1 Vyhodnocení jemnosti vláken

V tabulce 10 je uvedeno statistické vyhodnocení jemnosti vláken v jednotlivých metodách. Grafickým porovnáním průměrných jemností (obr. 42) je patrné, že průměrná jemnost vláken zjištěná pomocí gravimetrické metody vyšla pro obě testované suroviny pod 1,6 dtex, u ostatních vyšla nad 1,6 dtex. Další rozdíl je možné pozorovat při srovnání jednotlivých metod. U gravimetrické a AFISu vyšla průměrná jemnost 100% bavlněných vláken vyšší než u R8, zatímco u metody vibroskopické a HVI vyšla jemnost těchto vláken nižší.

Porovnáním jemnosti vláken suroviny R8 s jemností jednotlivých složek tvořících R8 vyšlo, že tato jemnost odpovídá jemnosti udávané u trhaniny 3 (složka s největším zastoupením).



Obr. 42 Graf porovnání jemnosti vláken

### 2.4.3 Zralost

#### V polarizovaném světle

Měřeno v laboratoři KTM.

Klimatizování vzorků: v klimatizační komoře

Klimatické podmínky v laboratoři při zkoušce:  $t = 23^{\circ}\text{C}$ ,  $\phi = 64\%$

Počet preparátů: dle počtu vláken v preparátu - 3 od 100%-ní bavlny, 4 od R8

Počet vláken: 820 od 100%-ní bavlny, 840 od R8

Normativní odkaz: ČSN 80 0311 Zjišťování zralosti bavlněných vláken  
v polarizovaném světle

Tabulka 11 Zralost vláken zjišťovaná v polarizovaném světle

	100% bavlna	R8
$n_z$	542	518
$n_m$	6	12
$n_p$	272	310
$\check{c}_z$ [-]	2,48	2,41

#### Uster AFIS

Interní data KTT.

Tabulka 12 Statistické vyhodnocení zralosti vláken - AFIS

surovina	$\bar{z}_v$ [-]	$s_{z_v}^2$ [-]	$s_{\bar{z}_v}$ [-]	$v_{z_v}$ [%]	IS [-]	$\hat{x}_{z_v}$ [-]	$\tilde{x}_{z_v}$ [-]	min [-]	max [-]
100% bavlna	0,94 <->	0,0001	0,11	1,17	0,003	0,94	0,94	0,91	0,96
R8	0,91 <->	0,0001	0,008	0,88	0,002	0,91	0,91	0,89	0,92

#### 2.4.3.1 Vyhodnocení zralosti

V polarizovaném světle byl zaznamenáván počet zralých  $n_z$  a nezralých  $n_m$  (mrtvých) vláken. Počet polozralých vláken  $n_p$  se zjistil výpočtem dle rovnice (8). Číslo zralosti  $\check{c}_z$  bylo dopočítáno dle rovnice (9) (viz. kap. 1.5.1.3, str. 40). Pomocí normy [28] bylo  $\check{c}_z$  zařazeno do III. třídy, tj. vlákna u obou surovin jsou vyhodnocena jako zralá.

Vyhodnocením zralosti vláken pomocí AFISu vyšlo, že vlákna obou surovin jsou zralá (velikost plochy příčného řezu vlákna se blíží 1, tj. kruhovému tvaru).

Hodnota zralosti R8 při porovnání s jednotlivými složkami odpovídá třem složkám: trhanině 1, trhanině 3 a vlákennému odpadu PO přečištěnému.

## 2.4.4 Pevnost a tažnost

Pevnost a tažnost byla zjišťována u jednotlivých vláken a svazku vláken (viz. kap.1.5.1.4)

### 2.4.4.1 Pevnost a tažnost jednotlivých vláken

#### Vibrodyn:

Měřeno v laboratoři KTM.

Klimatizování vzorků: v klimatizační komoře

Klimatické podmínky v laboratoři při zkoušce:  $t = 23^{\circ}\text{C}$ ,  $\phi = 66\%$

Zadávané parametry: předpokládaná jemnost vláken 1,70 dtex

předpokládaná délka staplu: 32,00 mm

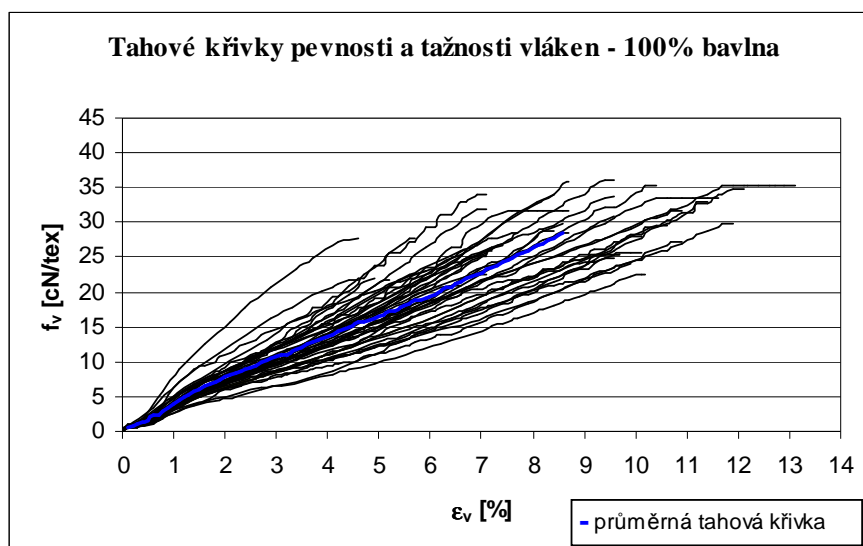
počet měřených vláken: 50

upínací délka: 10 mm

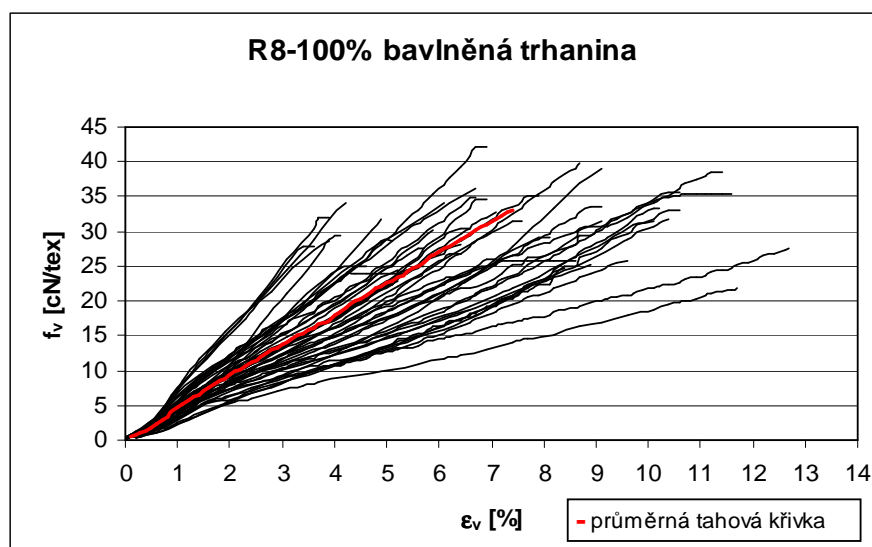
rychlost posuvu čelistí : 10 mm/min

předpětí: 100 mg

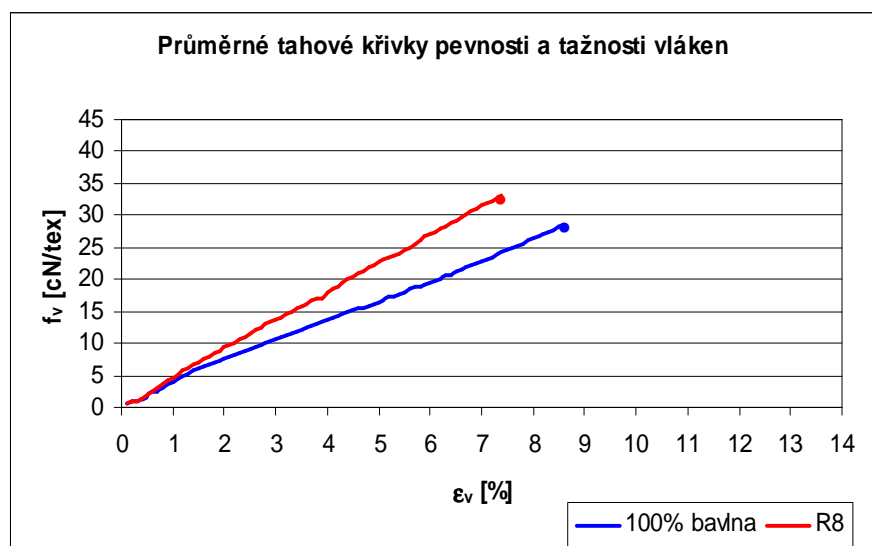
Normativní odkaz: ČSN EN ISO 5079 (80 0200) Textilie – Vlákná – Zjišťování pevnosti a tažnosti jednotlivých vláken při přetrhu



Obr. 43 Tahové křivky pevnosti a tažnosti 100%-ních bavlněných vláken



Obr. 44 Tahové křivky pevnosti a tažnosti vláken R8



Obr. 45 Porovnání průměrných tahových křivek pevnosti a tažnosti vláken

#### 2.4.4.2 Svazková pevnost

##### Pressley:

Měřeno v laboratoři KTM.

Klimatizování vzorků: v klimatizační komoře

Klimatické podmínky v laboratoři při zkoušce:  $t = 22^{\circ} \text{C}$ ,  $\phi = 63 \%$

Upínací délka:  $l_0 = 0$

Šířka svazku: přibližně 6 mm

Délka svazku: 11.8 mm

Počet svazků: 10 od každé suroviny

Normativní odkaz: ČSN 80 0235 Bavlna. Zjišťování pevnosti plochých svazků

Uster HVI:

Měřeno ve VÚB Ústí nad Orlicí.

Klimatizování vzorků: v klimatizační místnosti

Klimatické podmínky v laboratoři při zkoušce:  $t = 20^{\circ} \text{C}$ ,  $\varphi = 65 \%$

Počet testovaných vzorků: 8 od každé suroviny

Normativní odkaz: -

Tabulka 13 Statistické vyhodnocení pevnosti jednotlivých vláken

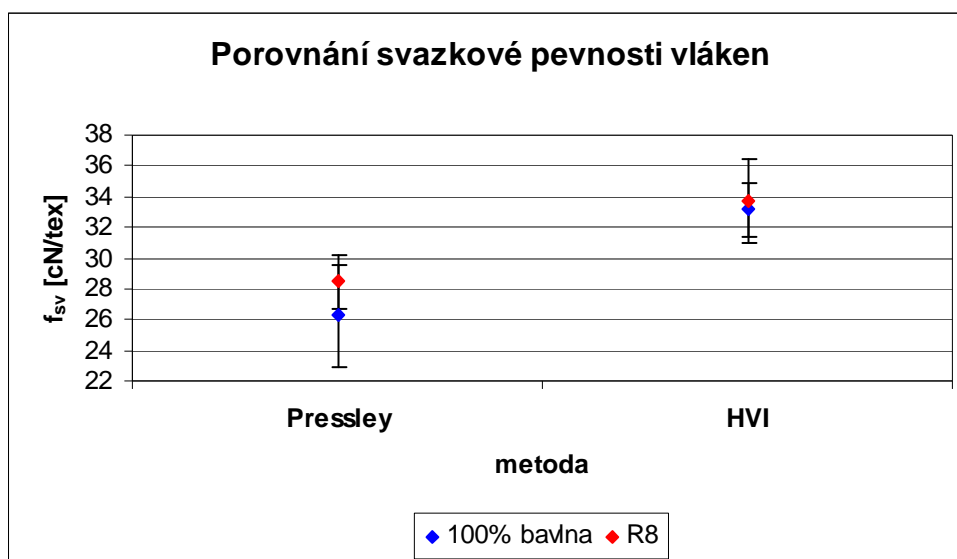
metoda	materiál	$\bar{f}_v$ [cN/tex]	$s_{t_v}^2$ [cN <sup>2</sup> ]	$s_{\bar{t}_v}$ [cN]	$v_{\bar{t}_v}$ [%]	IS [cN]	$\hat{x}_{t_v}$ [cN]	$\tilde{x}_{t_v}$ [cN]	min [cN]	max [cN]
vibroskopická	100% bavlna	29,66 <28,23;31,08>	21,40	4,63	15,61	1,42	28,76	29,35	20,39	39,10
	R8	33,06 <31,17;34,95>	41,37	6,43	19,45	1,89	33,73	33,29	21,51	50,72

Tabulka 14 Statistické vyhodnocení tažnosti jednotlivých vláken

metoda	materiál	$\bar{\epsilon}_v$ [%]	$s_{t_v}^2$ [%]	$s_{\bar{t}_v}$ [%]	$v_{\bar{t}_v}$ [%]	IS [%]	$\hat{x}_{t_v}$ [%]	$\tilde{x}_{t_v}$ [%]	min [%]	max [%]
vibroskopická	100% bavlna	8,57 <7,92;9,22>	4,56	2,14	24,97	0,65	7,10	8,60	4,60	13,10
	R8	7,37 <6,69;8,05>	5,66	2,38	32,39	0,68	6,40	6,90	3,60	12,70

Tabulka 15 Statistické vyhodnocení svazkové pevnosti a tažnosti vláken

metoda	materiál	pevnost			tažnost		
		$\bar{f}_p$ [cN/tex]	R <sub>L</sub> [cN/tex]	IS [cN/tex]	$\bar{\epsilon}_p$ [%]	R <sub>L</sub> [%]	IS [%]
Pressley	100% bavlna	26,26 <22,96;29,56>	4,94	3,30	-	-	-
	R8	28,44 <22,68;30,20>	2,63	1,76	-	-	-
HVI	100% bavlna	33,17 <31,41;34,93>	3,12	1,76	5,45 <5,38;5,52>	0,1	0,07
	R8	33,74 <31,02;36,46>	4,83	2,72	5,6 <5,49;5,71>	0,2	0,11



Obr. 46 Porovnání svazkové pevnosti vláken

#### 1.4.4.3 Vyhodnocení pevnosti a tažnosti

Obr. 43 a 44 zobrazují jednotlivé zkoušky měření pevnosti a tažnosti vláken na vibrodynu. Porovnáním průměrných tahových křivek pevnosti a tažnosti vláken (obr. 45) je patrná vyšší poměrná pevnost, ale nižší tažnost u R8. Obecně se u rotorového dopřádání upřednostňuje pevnost před jemností a délkou, tudíž jsou vlákna R8 hodnocena jako ideální. Tuto vyšší pevnost mohlo ovlivnit složení regenerátu R8. I když se uvádí, že se jedná o 100% bavlněný odpad, nemůže být vyloučen fakt, že se v jednotlivých složkách může vyskytnout chemické vlákno. Při měření se vybírají jednotlivá vlákna pouze okem, tudíž nelze rozlišit, zda se k měření vybralo právě bavlněné vlákno.

Při porovnání svazkové pevnosti vláken (obr. 46) vyšla u obou použitých metod vyšší pevnost R8 v porovnání se 100% bavlnou. Výraznější rozdíl svazkové pevnosti u R8 metody Pressley mohl být způsoben přítomností nerozvolněných kousků přízí případně chybou obsluhy měřicího zařízení.

Porovnáním zjištěné tažnosti vláken pomocí HVI (viz. tabulka 15) je patrný rozdíl mezi testovanými surovinami. U R8 vyšla tažnost vyšší. Metoda Pressley tažnost vláken neměří.



## 2.5 Testování příze

Pro testování vybraných vlastností příze byly použity:

- 100% bavlněná příze BD AI mykaná, jednoduchá o jemnosti 50 tex, s počtem zákrutů 533 1/m
- 100% regenerovaná bavlněná příze BD LA AI mykaná, jednoduchá o jemnosti 50 tex s počtem zákrutů 663 1/m.

Pro obě příze byl použit stejný typ dopřádacího stroje firmy Elitex pod označením BDA 10N. S ohledem na povahu zpracovávaného materiálu byly zvoleny odlišné technologické parametry uvedené v tabulce 16.

Tabulka 16 Popis odlišných parametrů na stroji BDA 10N

	100 % bavlna	R8
Průměr rotoru	54 mm	66 mm
Otáčky rotoru	55 000 1/min	40 000 1/min
Otáčky vyčesávacího válce	7.000 1/min	8.000 1/min
Zákrut příze	533 z/m	663 z/m
Označení rotoru	A2	A1

### 2.5.1 Jemnost příze

#### Gravimetrická metoda

Měřeno v laboratoři KTT.

Klimatizování vzorků: v klimatizační komoře

Klimatické podmínky v laboratoři při zkoušce:  $t = 21^{\circ}\text{C}$ ,  $\varphi = 66\%$

Délka přadénka: 100 m

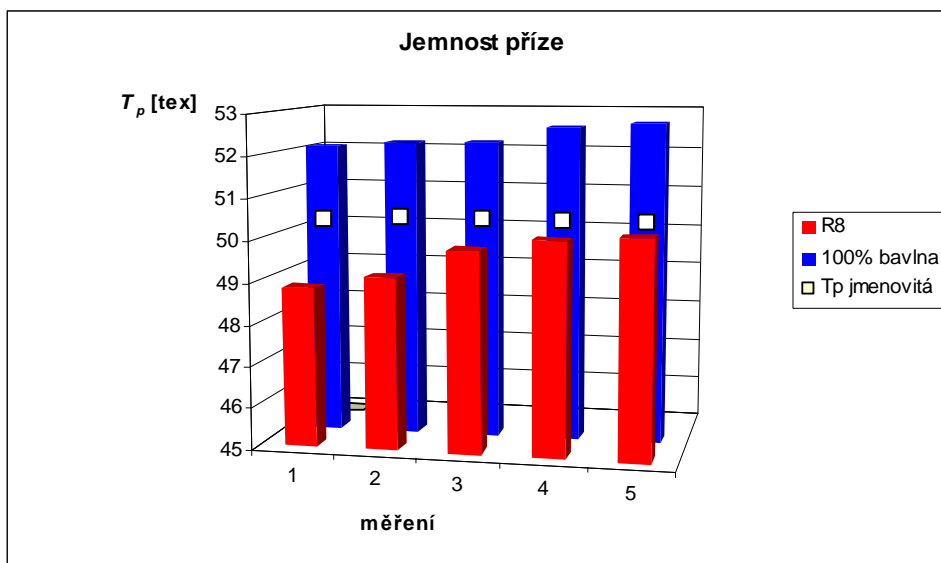
Počet přadének: 5 od každé suroviny

Normativní odkaz: ČSN EN ISO 2060 (80 0702) Textilie – Nitě na návinech –

Zjišťování jemnosti (délkové hmotnosti) pásmovou metodou

Tabulka 17 Statistické vyhodnocení jemnosti příze

metoda	materiál	$T_p$ [tex]	$x_D$ [tex]	$x_H$ [tex]	$R_L$ [tex]	IS [tex]
gravimetrická	100% bavlna	52,44 <51,54;53,34>	52,22	52,65	0,43	0,9
	R8	49,65 <47,60;51,70>	49,16	50,14	0,98	2,05



Obr. 47 Jemnost příze

### 1.5.1.1 Vyhodnocení jemnosti

Gravimetrická metoda byla využita pro ověření jmenovité jemnosti přízí udané výrobcem (pro obě příze  $T_p = 50$  tex). Výsledek zkoušky je zobrazen na obr. 47. Ani v jednom případě neodpovídají získané hodnoty hodnotě jmenovité. U 100 % bavlny vyšly jemnosti sice vyšší, ale jsou vyrovnanější. U R8 se dvě měření velmi přibližují k jmenovité hodnotě, ale v dalších dvou měření vyšly výrazně nižší (zjištěné hodnoty nejsou vyrovnané). Porovnáním průměrných hodnot jemností je příze R8 blíže k jemnosti udané výrobcem.

## 2.5.2 Zaplnění příze

### Obrazová analýza Lucie

Měřeno v laboratoři KTT.

Klimatizování vzorků pro přípravu měkkých řezů: v klimatizační komoře

Uchovávání bločků měkkých řezů: v mrazničce

Počet měkkých řezů: 30 od každé suroviny

Tloušťka řezu: 15 mikronů

Objektiv: 20x6, po několika řezech změna na 10<sup>16)</sup>

Kalibrace: 0,66115  $\mu\text{m}/\text{pxl}$  pro objektiv 20x0,6

0,83565  $\mu\text{m}/\text{pxl}$  pro objektiv 10

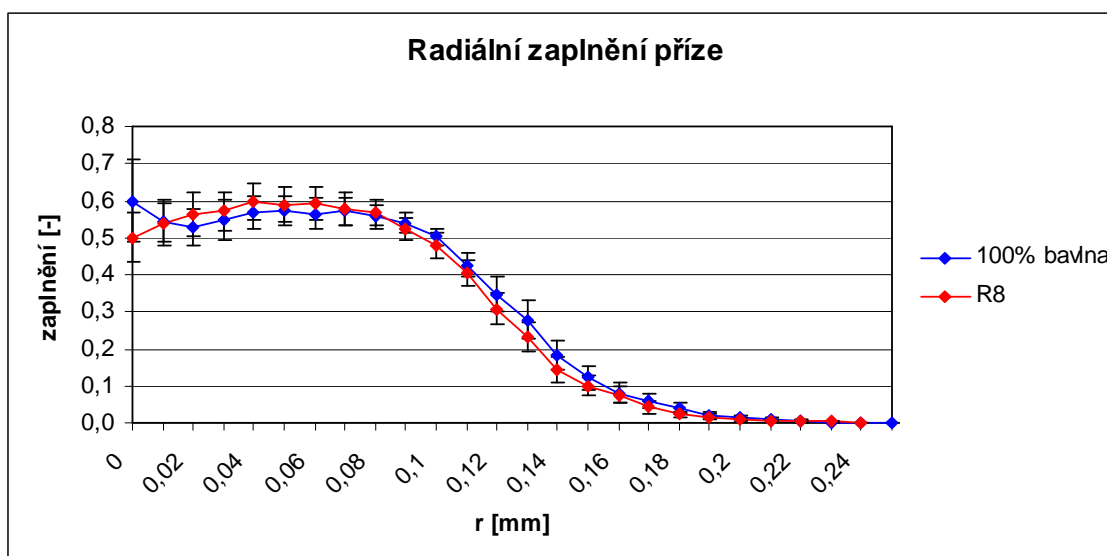
Normativní odkaz: Interní norma č. 22-103-01/01 Zaplnění příze. Přímá metoda a metoda Secant.

Interní norma 46-108-01/01 Doporučený postup tvorby příčných řezů. Měkké a tvrdé řezy.

Tabulka 18 Vyhodnocení zaplnění příze

	<b>100% bavlna</b>	<b>R8</b>
$\bar{t}_v$ [tex]	0,155 <0,14; 0,16>	0,152 <0,14; 0,16>
$\bar{T}_p$ [tex]	52,44 <51,54; 53,34>	49,65 <47,60; 51,70>
$z$ [ $\text{m}^{-1}$ ]	533	663
$n_r$ [-]	271 <258; 284>	232 <222; 242>
$\tau$ [-]	338,32	326,64
$r_{\text{ef}}$ [mm]	0,13 <0,12; 0,14>	0,13 <0,12; 0,14>
$\mu_{\text{ef}}$ [-]	0,53 <0,52; 0,54 >	0,50 <0,48; 0,52>
$k_s$ [-]	0,84 <0,8; 0,88>	0,76 <0,73; 0,79>
$k_n$	0,80 <0,76; 0,83>	0,7 <0,67; 0,73>

<sup>16)</sup> Změna objektivu byla zmenšena z důvodu velikosti příčného řezu, aby bylo zajištěno, že všechny vlákna v příčném řezu příze budou vyhodnocena.



Obr. 48 Graf radiálního zaplnění BD přízí

### 2.5.2.1 Vyhodnocení zaplnění příze

Z grafu radiálního průběhu zaplnění BD přízí (obr. 48) je patrné, že příze R8 má větší zaplnění (v důsledku většího počtu zákrutů), které směrem k povrchu klesá.

Koeficient počtu vláken  $k_n$  se bez ohledu na jemnost a zákrut pohybuje kolem hodnoty 0,81 (někdy kolem 0,75), jak uvádí [7] pro rotorově předené příze. Měřením vyšla hodnota u 100% příze  $k_n = 0,80$  a u R8  $k_n = 0,70$ . V příčném řezu příze se tedy vyskytuje u 100% bavlny o 20% méně vláken a u R8 o 29%, než odpovídá vypočtenému počtu vláken z poměrné pevnosti  $\tau$  (viz. kap. 1.5.2.1). Tento pokles je způsoben nejen neuspořádaností struktury, ale také sklonem vláken a zákrutem. Vliv zákrutu zde však není nejpodstatnější, což dokládá charakteristika  $k_s$ . U ideálního stoupání šroubovice by tato charakteristika byla rovna 1. Ve skutečnosti je při porovnání s  $k_n$  přibližně vyšší o 5% pro 100% bavlnu a o 8% pro R8.

### 2.5.3 Nestejnoměrnost

#### Uster Tester 4

Měřeno v laboratoři KTT.

Klimatizování vzorků: v klimatizační komoře

Klimatické podmínky v laboratoři při zkoušce:  $t = 20^{\circ}\text{C}$ ,  $\phi = 65\%$

Zadávané parametry: rychlost: 400 m/min

čas: 2,5 min

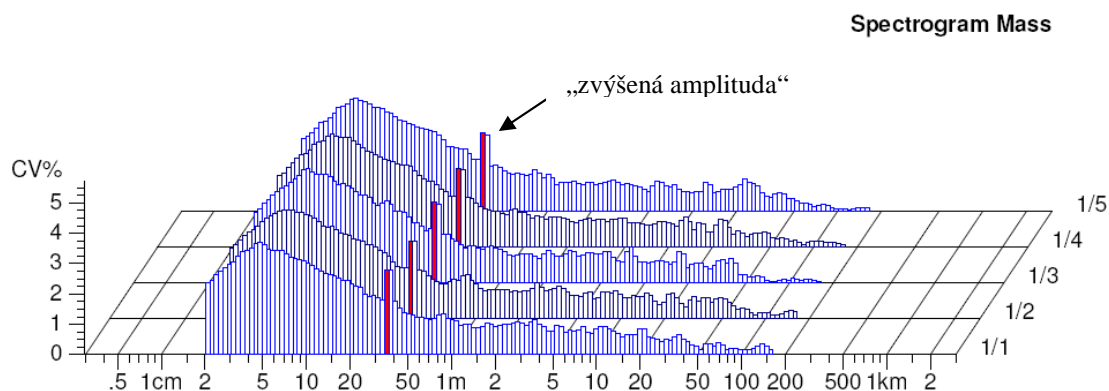
jemnost příze: 50 tex

Počet měření: 5x od každé příze

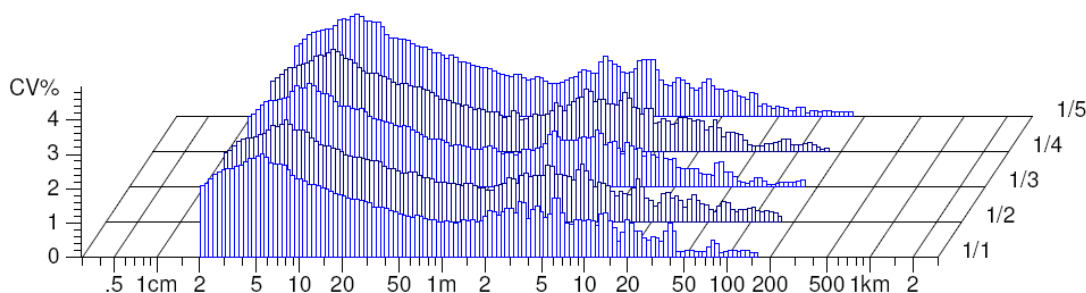
Normativní odkaz: -

Tabulka 19 Statistické vyhodnocení nestejnoměrnosti příze

	<b>100% bavlna</b>	<b>R8</b>
CVm [%]	14,61 <14,55;14,67>	12,69 <12,45;12,93>
slabá místa (-30%/km)	2514	1017,4
slabá místa (-40%/km)	240,6	33,2
slabá místa (-50%/km)	6,0	0,4
silná místa (+35%/km)	816,4	277,8
silná místa (+50%/km)	111,0	23,0
Nopky (+200%)	226,0	83,4
Nopky (+280%)	29,4	7,0



Obr. 49 Spektrogram nestejnoměrnosti 100%-ní bavlněné příze



Obr. 50 Spektrogram nestejnoměrnosti příze R8

### 2.5.3.1 Vyhodnocení nestejnoměrnosti

Na obr. 49 je pomocí spektrogramu znázorněna nestejnoměrnost 100% bavlněné příze. Patrná je zde zvýšená amplituda, odpovídající vlnové délce  $\lambda_p = 0,36$  m. Protože se jedná o periodickou nestejnoměrnost vznikající v jednom určitém okamžiku, jde o ryze mechanickou závadu. Vlnová délka je na krátkých úsečkách, proto tuto vadu způsobuje poslední stroj v použité technologii výroby. Užitím rovnic (26) a (27) (viz. kap. 1.5.2.5) byla jako příčina periodické nestejnoměrnosti určena závěrečná část náhonu podávacích válečků u dopřádacího stroje (vypočítaná frekvence vyšla přibližně stejně jako frekvence otáčení podávacích válečků).

Nestejnoměrnost příze R8 zachycená ve spektrogramu (obr. 50) vykazuje kupovité spektrum v rozsahu vlnových délek přibližně od 2 do 50 m. Protože toto kupovité spektrum se vyskytuje na dlouhých úsečkách, způsobuje tuto nestejnoměrnost předcházející stroj před posledním použitým v technologii výroby (tj. dopřádacímu stroji byl předkládán pramen s výraznou nestejnoměrností). Tuto nestejnoměrnost pravděpodobně způsobilo průtahové ústrojí stroje IDF (firmy Trützschler).

V tabulce 20 je provedeno porovnání jednotlivých vlastností zjišťovaných pomocí Uster Tester 4 s Uster Statistics 2007. Z této tabulky je patrný výrazný rozdíl mezi oběma testovanými přízemi.

Kvalita příze 100% bavlny je velmi nízká. Dá se říci, že přízi srovnatelné kvality vyrábí 75% výrobců. Kladně lze vyhodnotit pouze chlupatost příze (pouze 33% ostatních výrobců dosahuje takovéto kvality).

Naproti tomu je výsledná kvalita příze R8 velmi dobrá (přibližně 40% výrobců dosahuje této kvality). Kladně u této příze lze hodnotit počet slabých míst, které se

v přízi téměř nevyskytovaly. Grafické znázornění porovnání obou přízí s Uster Statistics 2007 je uvedeno v příloze 4 (str. 12 až 19).

Tabulka 20 Porovnání kvality příze s Uster Statistics 2007

	<b>100% bavlna</b>	<b>R8</b>
CV <sub>m</sub> [%]	75 %	28 %
H [-]	33 %	46 %
sh	36 %	44 %
slabá místa (-40%/km)	76 %	5 %
slabá místa (-50%/km)	63 %	-
silná místa (+35%/km)	79 %	31 %
silná místa (+50%/km)	83 %	28 %
Nopky (+200%)	76 %	42 %
Nopky (+280%)	79 %	41 %

## 2.5.4 Chlupatost

### Obrazová analýza Lucie

Měřeno v laboratoři KTT.

Klimatizování vzorků: v klimatizační komoře

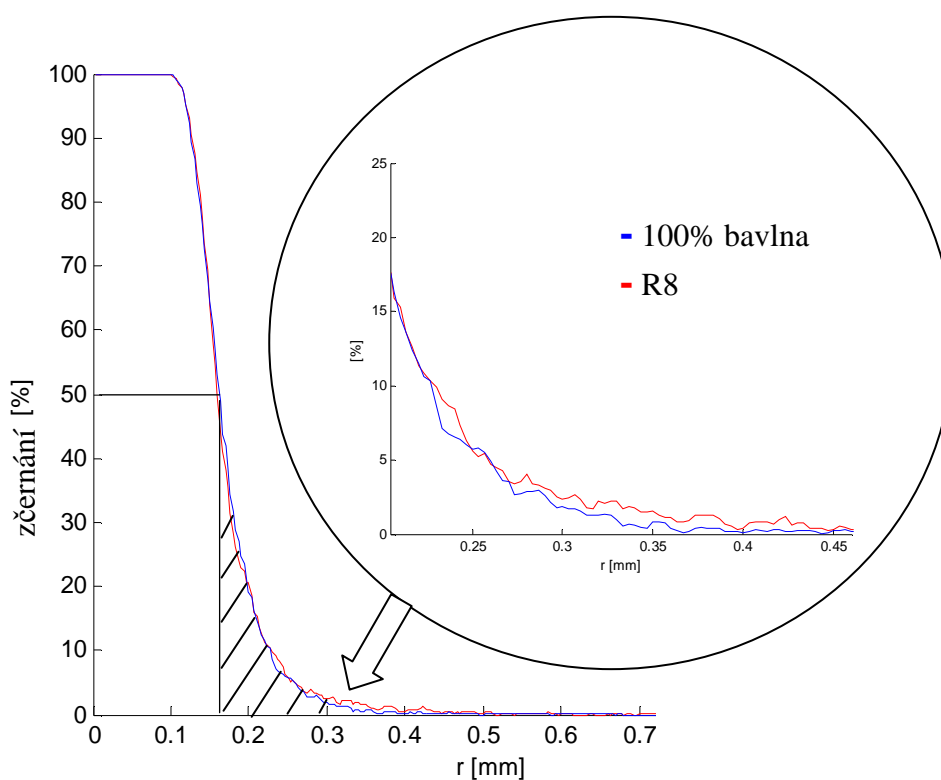
Klimatické podmínky v laboratoři při zkoušce:  $t = 23^{\circ}\text{C}$ ,  $\phi = 62\%$

Počet snímání náhodně vybraných pohledů příze: 800 od každé suroviny

Normativní odkaz: Interní norma č. 22-102-01/01 Průměr a chlupatost příze

Tabulka 21 Vyhodnocení dat chlupatosti z obrazové analýzy

materiál	$T_p$ [tex]	50% zčernání [mm]	$D_k$ [mm]	$D_h$ [mm]	$H_k$ [-]	$H_h$ [-]	$\mu_k$ [1]	$\mu_h$ [1]
100% bavlna	50	0,16	0,32	0,26	2,03	3,90	0,03	0,11
R8	50	0,16	0,31	0,26	2,27	4,18	0,03	0,11



Obr. 51 Graf průběhu chlupatosti přízí

### Uster Tester 4

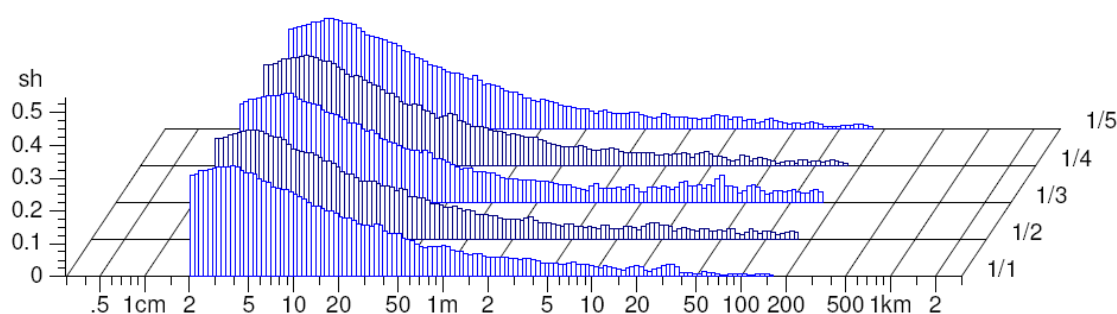
Podmínky dle kap. 2.5.3 (nestejnoměrnost přízí)



Tabulka 22 Statistické vyhodnocení chlupatosti příze (Uster Tester 4)

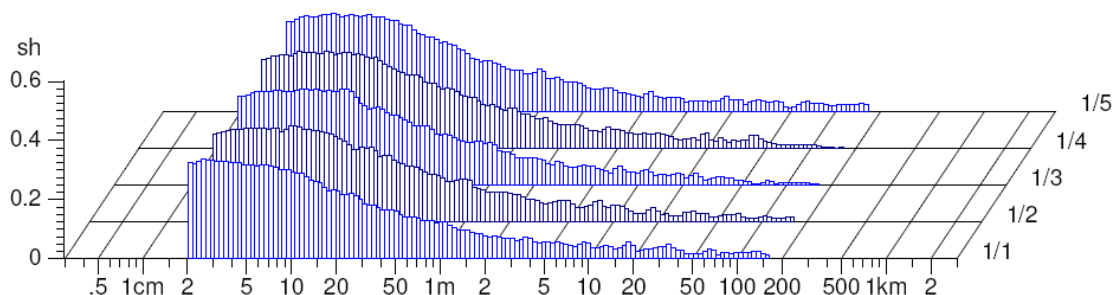
metoda	materiál	$T_p$ [tex]	$d_p$ [mm]	H [l]	sh
Uster Tester 4	100% bavlna	50	0,396 <0,395;0,397>	5,46 <5,23;5,69>	1,39
	R8	50	0,394 <0,393;0,395>	5,97 <5,83;6,11>	1,52

Spectrogram Hair



Obr. 52 Spektrogram chlupatosti 100%-ní bavlněné příze

Spectrogram Hair



Obr. 53 Spektrogram chlupatosti regenerované příze R8

#### 2.5.4.1 Vyhodnocení chlupatosti

Výsledná chlupatost přízí pomocí obrazové analýzy je dána velikostí plochy pod křivkou (obr. 51) od poloměru příze směrem ven (na obr. 51 znázorněna vyšrafovanou částí). Vzájemným porovnáním se dá říci, že se obě sledované příze neliší.

U Uster Tester 4 je chlupatost vyjádřena spektrogramy pro 100% bavlnu (obr. 52) a R8 (obr. 53). Při porovnání intervalů spolehlivosti vyšel v této metodě významný rozdíl mezi sledovanými přízemi. Výsledná chlupatost u R8 vyšla vyšší.

### 2.5.5 Pevnost a tažnost příze

Měřeno v laboratoři KTT.

Klimatizování vzorků: v klimatizační komoře

Klimatické podmínky v laboratoři při testování:  $t = 21^{\circ}\text{C}$ ,  $\varphi = 64\%$

Zadávané parametry: počet měření: 50 od každé suroviny

upínací délka: 500 mm

rychlost posuvu čelistí : 130 mm/min pro bavlnu

140 mm/min pro R8

předpětí:  $0,5\text{ cN/tex} \pm 0,1\text{ cN/tex}$

Normativní odkaz: ČSN EN ISO 2062 (80 0700) Textilie – Nitě na návinech –

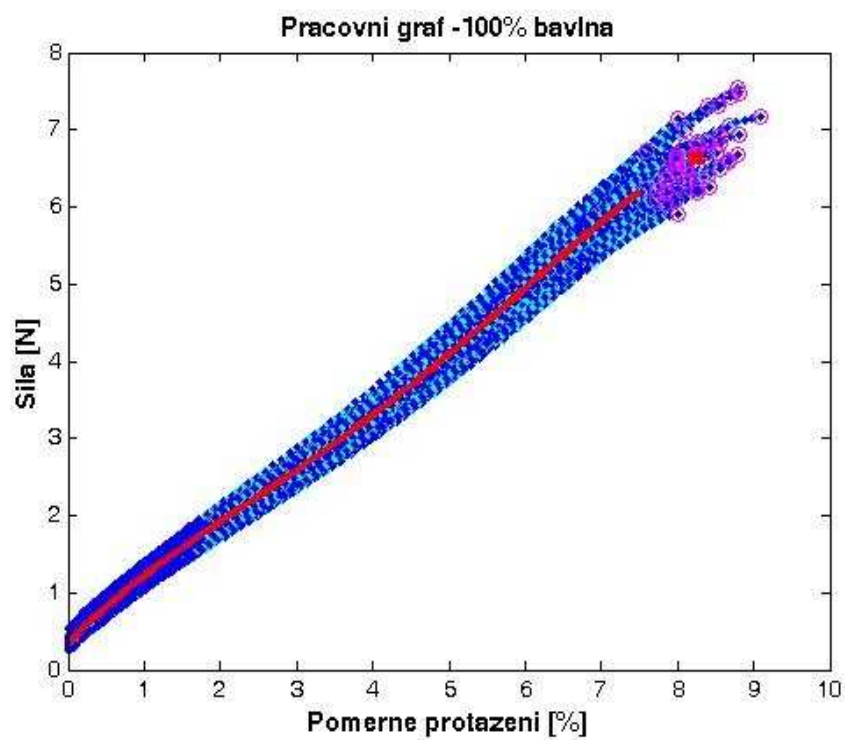
Zjišťování pevnosti a tažnosti jednotlivých nití při přetrhu

Tabulka 23 Statistické vyhodnocení poměrné pevnosti příze

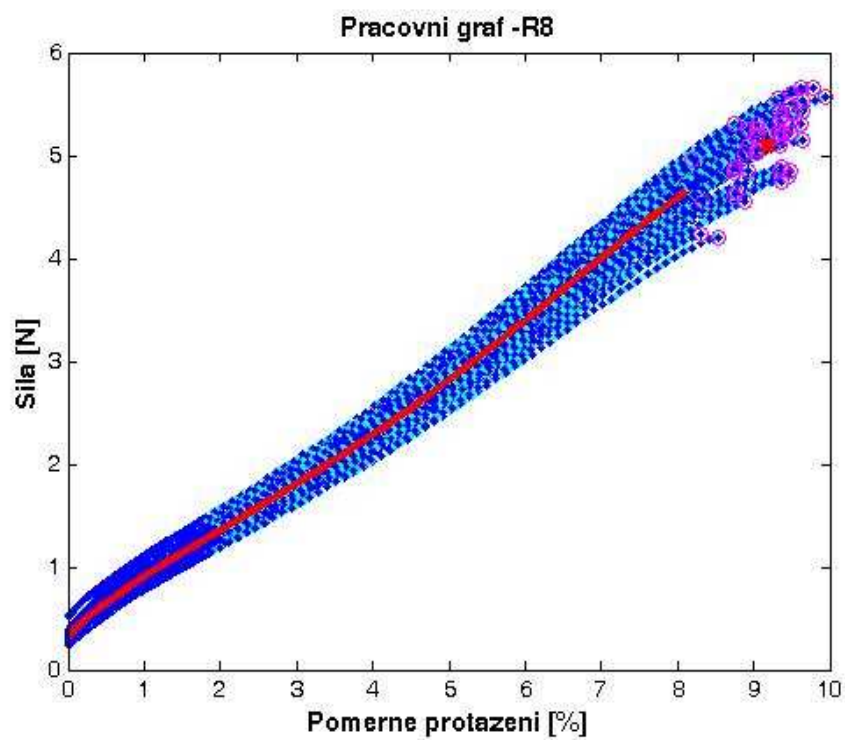
materiál	$f_p$ [cN/tex]	$s_f^2$ [(cN/tex) <sup>2</sup> ]	$s_f$ [cN/tex]	$v_f$ [%]	IS [cN/tex]	$\hat{x}_f$ [cN/tex]	$\tilde{x}_f$ [cN/tex]	min [cN/tex]	max [cN/tex]
100% bavlna	12,68 <12,47;12,89>	0,55	0,74	5,84	0,21	12,27	12,61	11,30	14,37
R8	10,27 <10,07;10,47>	0,49	0,70	6,82	0,20	10,10	10,42	8,46	11,41

Tabulka 24 Statistické vyhodnocení tažnosti příze

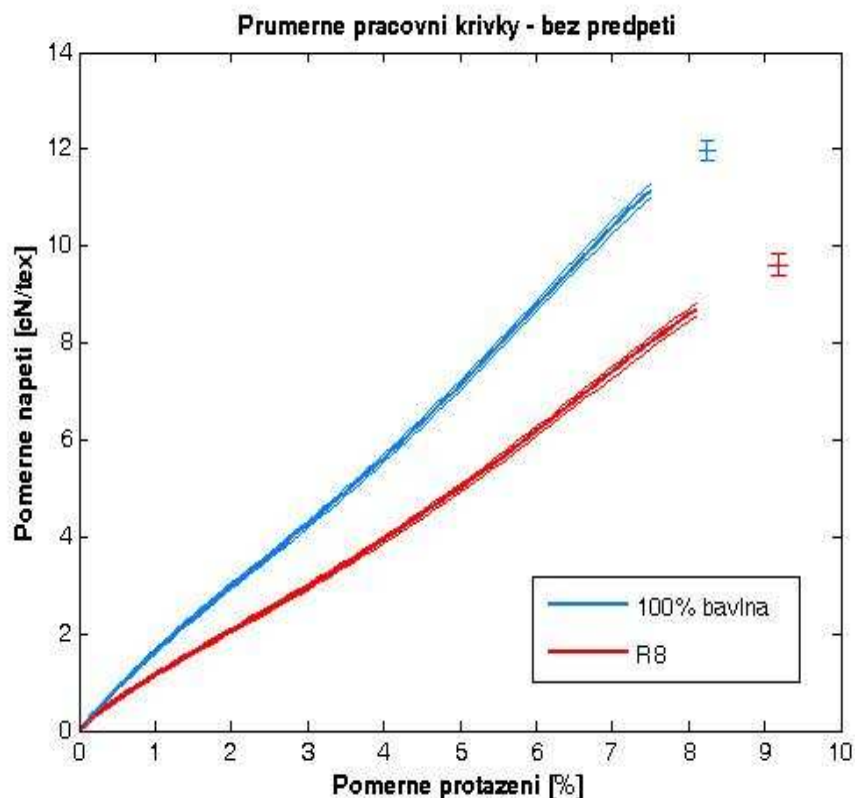
materiál	$\varepsilon_p$ [%]	$s_\varepsilon^2$ [%]	$s_\varepsilon$ [%]	$v_\varepsilon$ [%]	IS [%]	$\hat{x}_\varepsilon$ [%]	$\tilde{x}_\varepsilon$ [%]	min [%]	max [%]
100% bavlna	8,24 <8,14;8,34>	0,12	0,35	4,25	0,10	8,09	8,21	7,56	9,07
R8	9,13 <9,02;9,24>	0,16	0,40	4,38	0,11	9,32	9,24	8,21	9,91



Obr. 54 Graf pevnosti a tažnosti 100% bavlny



Obr. 55 Graf pevnosti a tažnosti R8



Obr. 56 Porovnání průměrných tahových křivek

### 2.5.5.1 Vyhodnocení pevnosti a tažnosti

Změřená data pevnosti a jim odpovídající tažnosti jednotlivých přízí byla zpracována pomocí matematického programu Matlab.

Na obr. 54 pro 100% bavlnu a obr. 55 pro R8 jsou znázorněny pevnosti a tažnosti přízí jednotlivých zkoušek se zobrazením průměrné pevnosti a tažnosti. Tyto výsledné průměrné tahové křivky jsou vzájemně porovnány na obr. 56. Jak je z tohoto obrázku patrné, poměrná pevnost u 100% bavlny vyšla v porovnání s R8 vyšší.

Zde se nepotvrdila teorie, že s rostoucím zákrutem roste pevnost příze (příze R8 má o více než 100 z/m více, přesto její pevnost vyšla menší). Naproti tomu sklon vláken (zjištěný z průřezů příze (viz. kap. 2.5.2) mohl mít vliv na její tažnost, která vyšla vyšší.

## 2.6 Souhrnné vyhodnocení a diskuze

### 2.6.1 Vyhodnocení vlastností z hlediska materiálového složení

Vzájemné porovnání jednotlivých vlastností vláken a přízí z hlediska materiálového složení (100% bavlna x R8) bylo vyhodnoceno za pomoci QC Expertu analýzou Anova (analýza rozptylu). Výsledek srovnání je pak uveden v tabulce 25.

Tabulka 25 Porovnání jednotlivých vlastností z hlediska materiálového složení

vlastnost		metoda	vzájemné porovnání 100% bavlna x R8
vlákna	délka	přímá	rozdílné
		Autosampler	rozdílné
		HVI	rozdílné
		AFIS	rozdílné
	jemnost	gravimetrická	shodné
		vibroskopická	shodné
		HVI	-
		AFIS	rozdílné
	zralost	polarizované světlo	shodné
		AFIS	rozdílné
	pevnost, tažnost	vibroskopická	rozdílné
		Pressley	shodné
		HVI	shodné
příze	jemnost	gravimetrická	rozdílné
	zaplnění	Obrazová analýza	shodné
	nestejněměrnost	Uster Tester	rozdílné
	chlupatost	Uster Tester	rozdílné
		Obrazová analýza	shodné
	pevnost, tažnost	Instron 4411	rozdílné

- nehodnoceno

#### 2.6.1.1 Diskuze

##### Délka vláken

Délka vláken byla měřena čtyřmi metodami. Všechny metody potvrdily, že délka vláken R8 v porovnání se 100% bavlnou vyšla menší. Zároveň byla potvrzena hypotéza, že v odpadech jsou zpracovávána vlákna, která byla vyloučena z jednotlivých stupňů technologického zpracování jakostní suroviny, tudíž mají horší vlastnosti. V případě zpracování průmyslových textilních odpadů nebo sběrových textilií v recyklační lince (kap. 1.2.3) je jejich délka ovlivněna především nastavením sekacích nožů a trhacích bubnů.

Při určení vhodnosti konkrétní metody bylo přihlédnuto nejen k celkovému času potřebnému pro zkoušení, ale také k výstupním veličinám. Přímá metoda je sice přesná (zjišťuje délku jednotlivých vláken), ale jak je uvedeno v kap. 1.5.1.1, metoda je to velmi pracná a časově náročná. Měření délky vláken na Autosampleru se také neukázalo jako nejvhodnější. Tato metoda pracuje na principu optoelektronického proměřování trásně uchopené v čelistech, kde výstupem jsou pouze hodnoty délek L1 a L2. Opět je časově náročnější. Metoda HVI pracuje na podobném principu jako Autosampler. V této práci, jak již bylo zmíněno, bylo provedeno málo měření, čímž nemohlo být využito plně všech charakteristik, které tato metoda poskytuje. Jako neoptimálnější se ukázala metoda AFIS, která za velmi krátký čas dokáže podat ucelený přehled o jednotlivých délkách vláken, obsahu nečistot i nopků obsažených v surovině nebo poloproduktu (viz kap. 1.5.3.1). Snadno se obsluhuje, výsledek zkoušky není přímo závislý na laborantovi (ten pouze připraví zkušební vzorek, který předloží vyčesávacímu válečku, pomocí počítače zvolí požadované vlastnosti, které se mají změřit, a ostatní je již plně automatické). Jak je patrné z obr. 38, pracuje AFIS na principu přímé metody.

#### Jemnost vláken

Jemnost vláken byla zjišťována pomocí čtyř metod (gravimetrické, vibroskopické, HVI a AFIS). Vzájemným porovnáním z hlediska materiálového složení vyšlo, že u gravimetrické a vibroskopické metody není statisticky významný rozdíl. HVI mělo málo měření, proto nebylo statisticky vyhodnoceno. U AFISu vyšlo, že mezi sledovanými surovinami je statisticky významný rozdíl.

Určení o vhodnosti konkrétní metody zde příliš složité není. Jak se uvádí v kap. 1.5.1.2 gravimetrická ani vibroskopická metoda není vhodná pro měření bavlněných vláken. Obě metody provádí měření za předpokladu, že vlákno je homogenní s kruhovým průřezem, což bavlna nesplňuje (má tvar překroucené stužky). Pro měření se tedy mohou použít opět metody HVI a AFIS.

#### Zralost

Zralost vláken zjišťovaná v polarizovaném světle se moc pro srovnání nehodí, protože může být ovlivněna laborantem. Ten posouzením zabarvení vlákna určuje, zda je nebo není vlákno zralé. Také se postupuje v preparátu vlákno po vlákně, některá vlákna se mohou překrývat.

Na základě těchto poznatků by bylo vhodnější použít metodu AFIS, která posuzuje zralost vláken pomocí optického senzoru (viz. kap. 1.5.3.1). Protože přístroj je plně automatický, není toto měření ovlivněno chybou obsluhy.

#### Pevnost a tažnost

Vzájemným porovnáním surovin u vibroskopické metody vyšel statisticky významný rozdíl. U svazkové metody Pressley a HVI toto srovnání je statisticky nevýznamné.

Nejvhodnější metodou pro testování pevnosti a tažnosti vychází pouze metoda HVI, protože vyloučením vibroskopické metody (důvody byly již uvedeny) zůstává ještě metoda Pressley. Ta ale není zrovna nejvhodnější, protože měří pouze svazkovou pevnost vláken vyjádřenou v librách. Ta se pomocí rovnic (13) a (14) přepočítává na pevnost v [cN]. Měření ale může být ovlivněno obsluhou při přípravě zkušebního vzorku.

#### Příze

Rozhodováním o vhodnosti použití dané metody u přízí nemůže být (kromě chlupatosti) uskutečněno, neboť pro každou vlastnost byla použita jedna metoda. Doporučit lze měření zaplnění pomocí obrazové analýzy. Tato metoda je sice náročnější (musí se vytvořit preparáty) a vyžaduje značnou trpělivost obsluhy při vytváření příčných řezů příze, ale na druhou stranu se z těchto příčných řezů dá vyhodnotit řada dalších vlastností jako průměr příze, počet vláken v řezu, zralost vláken, u směsí kvalitu promísení komponent apod. Dalším vhodným přístrojem popisující kvalitu příze je Uster Tester, který je plně automatický a během krátké doby dokáže vyhodnotit kvalitu vyráběné příze případně přástu nebo pramene. Odhaluje nestejnomyšlnosti jak na krátkých, tak i na dlouhých úsečkách. Rozborem spektrogramů lze analyzovat vyskytující se vady na přízi, za využití příslušných vztahů se tyto vady dají analyzovat (důkazem toho je v této práci zjišťování vadné součástky stroje u 100% příze – viz. kap. 2.5.3). Velkou výhodou je porovnání jednotlivých vlastností charakterizující přízi s Uster Statistics, kde se na základě uvedených statistik zjistí výsledná kvalita příze v porovnání s ostatními výrobci.



## 2.6.2 Vyhodnocení komplexního kritéria jakosti

Komplexní kritérium hodnocení užité jakosti bylo provedeno dle kap. 1.7 (str. 53). Výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 26. Užité hodnota u 100% bavlny vyšla ve většině případů lepší, tj. u stejnoměrnosti délky, délky UQL, tažnosti a obsahu krátkých vláken. U R8 se kladně hodnotí užité hodnota pevnosti, která vyšla vyšší. Užité hodnoty ostatních vlastností (jemnosti a počtu semenných nopků) vyšly u obou surovin shodně, jsou hodnoceny jako nevyhovující, protože pro obě vlastnosti platí „čím nižší, tím lepší“.

Tabulka 26 Vyhodnocení užité hodnoty vybraných vlastností

Sledovaná vlastnost	w (i)	L	H	materiál	$\bar{x}$	u (i)	$U^*$
UI [%]	0,2	82	86	100% bavlna	83	0,325	0,79
				R8	80	0,1	0,63
$t_v$ [tex]	0,16	0,150/0,172	0,155/0,180	100 % bavlna	0,160	1	1
				R8	0,166	1	1
UQL [mm]	0,14	29	31	100 % bavlna	31,70	1	1
				R8	28,30	0,1	0,72
Pevnost [cN/tex]	0,28	29	33	100 % bavlna	27,66	0,1	0,52
				R8	30,82	0,50	0,82
Tažnost [%]	0,09	8	10	100 % bavlna	8,57	0,35	0,91
				R8	7,37	0,1	0,81
SFC (w) % <12,7 mm	0,06	9,6	6	100 % bavlna	7,40	0,44	0,95
				R8	17,30	0,1	0,87
SCN [Cnt/g]	0,07	27	15	100 % bavlna	12,50	1	1
				R8	12,64	1	1

Podrobnější srovnání v této práci nemohlo být provedeno z důvodu malého počtu sledovaných surovin (byly hodnoceny pouze 2). Nicméně, toto hodnocení může být v budoucnu použito pro porovnání s dalšími měřeními surovinami.

### 3. Závěr

Závěrečným zhodnocením jednotlivých zkoušek lze konstatovat, že surovina i příze vyrobená ze 100% bavlněných odpadů se od jakostní liší.

Při testování vlastností surovin byl patrný nejvýznamnější rozdíl u délky vláken. Touto zkouškou byl potvrzen předpoklad, že délka obsažená v surovině R8 bude kratší (zpracovávají se odpady – např. výčesky od česacích strojů). Dále byl potvrzen vyšší výskyt krátkých vláken ve staplovém diagramu, větší obsah nečistot a nopků. Při vyloučení vibroskopické a gravimetrické metody z hodnocení jemnosti (na základě nehomogenního tvaru vlákna nejsou vhodná pro měření bavlny) vyšla jemnost vláken u AFISu nižší, u HVI naopak vyšší (tuto hodnotu nelze považovat za směrodatnou z důvodu malého počtu měření). I přesto se ale výsledná hodnota přiblížila k průměrné. Hodnocením zralosti vyšlo, že i když byly zpracovávány odpady, vlákna byla zralá. To lze vysvětlit tím, že při zpracování průmyslových textilních odpadů zpět do přízí se zpracovává jakostní surovina (původní výrobky určené k recyklaci byly vyrobeny z jakostní suroviny). Vyšší pevnost vláken u R8 mohla být ovlivněna nežádoucími vlákny obsažené v surovině (přítomnost chemických vláken). Jejich přítomnost by se dala zjistit chemickou zkouškou nebo pomocí mikroskopu. Vyšší svazkovou pevnost mohly ovlivnit nerozvolněné kousky přízí ve zkušebním vzorku.

Vyhodnocením nestejnoměrnosti přízí za pomoci Uster Tester 4 a porovnáním s Uster Statistics 2007 se dosáhlo překvapivého výsledku. Dle této statistiky vyrábí přízi R8 srovnatelné kvality okolo 40% výrobců, naopak přízi vyrobenou z jakostní suroviny vyrábí více než 75% výrobců, což je hodnoceno velmi nízkou kvalitou. Je možné, že toto špatné hodnocení ovlivnila mechanická závada dopřádacího stroje. Významnějšího rozdílu se dosáhlo při zkoušce pevnosti a tažnosti přízí, kde vyšla vyšší pevnost příze jakostní suroviny oproti R8 (regenerovaná vlákna jsou při zpracování namáhána více, proto mohla tato pevnost vyjít nižší). Výraznějšího rozdílu při měření průměru, zaplnění a chlupatosti se nedosáhlo.

Jednotlivé zkoušky, provedené v této práci, mohou posloužit k porovnání vlastností dalších měřených surovin (např. při testování přízí vyrobených ze směsi jakostní suroviny x regenerát). Na základě toho může být vyhodnoceno, jaký vliv na výsledné vlastnosti bude mít přimíchávání odpadů do přízí v různém procentuálním zastoupení.

## Seznam obrázků:

Obr. 1 Recyklační technologie.....	16
Obr. 2 Stupňový čistící stroj (Omni) [34].....	18
Obr. 3 Automatické rozvolňovače balíků: a) rotační, b) gilotinový (Laroche) [42] .....	19
Obr. 4 Pásový dopravník s ručním nakládáním materiálu [39] .....	19
Obr. 5 Rotační sekací stroj (Befama) [40] .....	21
Obr. 6 Gilotinový sekací stroj (Retex) [36] .....	21
Obr. 7 Zásobní silo (a) zakončené vertikálním nakladačem (b) (Lidem) [39] .....	22
Obr. 8 Trhací stroj (Befama).....	22
Obr. 9 Automatický rozvolňovač s vrchním odběrem (Trützschler) [37] .....	26
Obr. 10 Rozvolňovač balíků se šikmým ohročeným pásem (Omni) [34] .....	26
Obr. 11 Avivovací komora (Omni) [34].....	27
Obr. 12 Lůžkovací komora OMIX (Omni) [34] .....	28
Obr. 13 Průřez víčkovým mykacím strojem TC 07 (Trützschler) [20] .....	29
Obr. 14 Princip tvorby příze v rotoru [50].....	31
Obr. 15 Ovinek vytvořený na rotorově předené přízi o jemnosti 95 tex [50].....	32
Obr. 16 Idealizované vlákno .....	35
Obr. 17 Autosampler.....	37
Obr. 18 Vibroskop (vpravo) + vibrodyn.....	38
Obr. 19 Stupeň zralosti bavlněných vláken [49].....	40
Obr. 20 Polarizační mikroskop (a) s detailem preparátu s bavlněnými vlákny (b) [49].	41
Obr. 21 Pracovní křivka pevnosti a tažnosti .....	42
Obr. 22 Idealizovaný tvar příze [8].....	43
Obr. 23 Průměr příze $D$ a substanční průměr příze $D_s$ [21].....	45
Obr. 24 Uster Tester 4 (Zellweger Uster) (a), b) princip měření [51] .....	48
Obr. 25 Oblasti příze [35] .....	50
Obr. 26 Princip měření chlupatosti příze na přístroji Uster Tester 4 [45] .....	50
Obr. 27 Obrazová analýza Lucie [51].....	51
Obr. 28 Podélný pohled na přízi .....	51
Obr. 29 Trhací stroj Instron 4411 [51].....	52
Obr. 30 Staplový diagram délky vláken [48].....	54
Obr. 31 Testovací linky – a) AFIS, b) HVI [48].....	54

Obr. 32 Stupeň jakosti vlastnosti: a) monotónně stoupající, b) oboustranně ohraničená	57
Obr. 33 Klimatizační komora [51].....	58
Obr. 34 Procentuální zastoupení složek tvořících surovinu R8.....	60
Obr. 35 Grafické porovnání vybraných vlastností suroviny R8 se 100% bavlnou.....	60
Obr. 36 Histogram délky vláken.....	63
Obr. 37 Staplový diagram délky vláken .....	63
Obr. 38 Rozbor staplové křivky 100%-ní bavlny .....	63
Obr. 39 Rozbor staplové křivky R8 .....	64
Obr. 40 Porovnání staplových křivek délky vláken.....	64
Obr. 41 Porovnání průměrných délek vláken .....	69
Obr. 42 Graf porovnání jemnosti vláken .....	72
Obr. 43 Tahové křivky pevnosti a tažnosti 100%-ních bavlněných vláken .....	75
Obr. 44 Tahové křivky pevnosti a tažnosti vláken R8.....	76
Obr. 45 Porovnání průměrných tahových křivek pevnosti a tažnosti vláken .....	76
Obr. 46 Porovnání svazkové pevnosti vláken.....	79
Obr. 47 Jemnost příze .....	81
Obr. 48 Graf radiálního zaplnění BD přízí .....	83
Obr. 49 Spektrogram nestejnoměrnosti 100%-ní bavlněné příze .....	84
Obr. 50 Spektrogram nestejnoměrnosti příze R8.....	85
Obr. 51 Graf průběhu chlupatosti přízí.....	87
Obr. 52 Spektrogram chlupatosti 100%-ní bavlněné příze.....	88
Obr. 53 Spektrogram chlupatosti regenerované příze R8.....	88
Obr. 54 Graf pevnosti a tažnosti 100% bavlny .....	91
Obr. 55 Graf pevnosti a tažnosti R8 .....	91
Obr. 56 Porovnání průměrných tahových křivek.....	92

## Seznam tabulek:

Tabulka 1 Přehled sekacích strojů .....	21
Tabulka 2 Automatické rozvolňovací stroje .....	25
Tabulka 3 Vztah mezi vlastnostmi vláken a přízí [46] .....	43
Tabulka 4 Váhy a meze pro rotorově předenou přízi [5].....	57
Tabulka 5 Výsledky testování jednotlivých surovin tvořící surovinu R8 (AFIS) .....	59
Tabulka 6 Statistické vyhodnocení délky vláken přímé metody .....	62
Tabulka 7 Statistické vyhodnocení délky vláken (AFIS) .....	65
Tabulka 8 Statistické vyhodnocení délky vláken (HVI).....	66
Tabulka 9 Statistické vyhodnocení délky vláken (Autosampler) .....	67
Tabulka 10 Statistické vyhodnocení jemnosti vláken.....	71
Tabulka 11 Zralost vláken zjišťovaná v polarizovaném světle .....	73
Tabulka 12 Statistické vyhodnocení zralosti vláken - AFIS.....	73
Tabulka 13 Statistické vyhodnocení pevnosti jednotlivých vláken.....	78
Tabulka 14 Statistické vyhodnocení tažnosti jednotlivých vláken.....	78
Tabulka 15 Statistické vyhodnocení svazkové pevnosti a tažnosti vláken.....	78
Tabulka 16 Popis odlišných parametrů na stroji BDA 10N .....	80
Tabulka 17 Statistické vyhodnocení jemnosti příze .....	80
Tabulka 18 Vyhodnocení zaplnění příze .....	82
Tabulka 19 Statistické vyhodnocení nestejnoměrnosti příze.....	84
Tabulka 20 Porovnání kvality příze s Uster Statistics 2007 .....	86
Tabulka 21 Vyhodnocení dat chlupatosti z obrazové analýzy .....	87
Tabulka 22 Statistické vyhodnocení chlupatosti příze (Uster Tester 4) .....	88
Tabulka 23 Statistické vyhodnocení poměrné pevnosti příze .....	90
Tabulka 24 Statistické vyhodnocení tažnosti příze.....	90
Tabulka 25 Porovnání jednotlivých vlastností z hlediska materiálového složení .....	93
Tabulka 26 Vyhodnocení užité hodnoty vybraných vlastností.....	96

## **Literatura:**

- [1] Hanuš, J., Poláček M., Prokopová V. – Historie a současnost recyklace textilu, Seminář „Textilie v novém tisíciletí IV“, TU Liberec 2006
- [2] Kovačič, V. – Zkoušení textilií, skripta VŠST, Liberec 2001
- [3] Křemenáková, D. – Modelování geometrie a pevnosti bavlnářských přízí, habilitační práce 2005, U 409 T
- [4] Lawrence, C.A, Finikopulos, E. – Indian Journal of Fibre and Textil Research, str. 201 – 208, 1992
- [5] Militký, J. – Komplex Duality of Cotton fibers. FAO/SCORENA. Textiles for Sustainable Development. Nova Publisher 2007
- [6] Militký, J. – Textilní zkušebnictví, TU Liberec 1999
- [7] Neckář, B. – Příze. Tvorba, struktura, vlastnosti. SNTL Praha 1990. ISBN 80-03-00213-3
- [8] Neckář, B. – Dvanáct přednášek z textilního inženýrství pro netextilní odborníky, Technická univerzita v Liberci, 1998
- [9] Nová, L. – Struktura rotorové příze, bakalářská práce 2006, V28/07 Tb
- [10] Riedl Dušan, Kadlec Jan – Textilní druhotné suroviny. Získávání, opracování a zpracování textilních odpadů, Nakladatelství technické literatury, Praha 1985
- [11] Sbírka zákonů České republiky č. 185/2001 – Zákon o odpadech
- [12] Sborník přednášek - Textilní odpady a sběrové textilie – technologie jejich zušlechťení, Pardubice 1987
- [13] Ursíny Petr – Předání I., skripta TUL, Liberec 2001

## **Normativní odkazy:**

- [14] ČSN 80 0201 – Stanovení délky vláken měřením délky jednotlivých vláken. Vydavatelství Úřadu pro normalizaci a měření, Praha 1973
- [15] ČSN EN ISO 1973 (80 0269) – Textilní vlákna – Zjišťování délkové hmotnosti – Gravimetrická a vibroskopická metoda. Český normalizační institut, 1997
- [16] ČSN EN ISO 5079 (80 0200) – Textilie – Vlákna – Zjišťování pevnosti a tažnosti jednotlivých vláken při přetrhu. Český normalizační institut, 1997
- [17] ČSN EN ISO 2062 (80 0700) – Textilie – Nítě na návinech – Zjišťování pevnosti a tažnosti jednotlivých nití při přetrhu. Český normalizační institut, 1996

- [18] ČSN 80 0235 – Textilní materiály – Bavlna – Zjišťování pevnosti plochých svazků. Centrum služeb pro normalizaci, Praha 1992
- [19] ČSN 80 0706 – Zjišťování a hodnocení hmotné nestejnoměrnosti pramenů, přástů a nití. Vydavatelství Úřadu pro normalizaci a měření, Praha 1970
- [20] Interní norma č. 11-108-01/01 Definice. Geometrické vlastnosti vláken.
- [21] Interní norma č. 12-108-01/01 Definice. Geometrické vlastnosti staplových přízí.
- [22] ČSN EN 20139 (80 0056) – Textilie. Normální ovzduší pro klimatizování a zkoušení. Český normalizační institut, 1994
- [23] ČSN EN 12751 (80 0070) – Textilie – Odběr vzorků vláken, nití a plošných textilií ke zkouškám. Český normalizační institut, 2000
- [24] ČSN 80 0061 – Klimatizování textilních surovin, polotovarů a výrobků. Vydavatelství Úřadu pro normalizaci a měření, Praha 1972
- [25] Interní norma č. 22-102-01/01 Průměr a chlupatost příze.
- [26] Interní norma č. 46-108-01/01 Doporučený postup tvorby příčných řezů. Měkké a tvrdé řezy.
- [27] Interní norma č. 22-103-01/01 Zaplnění příze. Přímá metoda a metoda Secant.
- [28] ČSN 80 0311 – Zjišťování zralosti bavlněných vláken v polarizovaném světle. Vydavatelství Úřadu pro normalizaci a měření, Praha 1975
- [29] ČSN 80 0238 – Bavlna. Stanovení mikronérmí hodnoty. Federální úřad pro normalizaci a měření, Praha 1992
- [30] ČSN 80 0701 – Zjištění zákrutů přízí. Vydavatelství Úřadu pro normalizaci a měření, Praha 1964
- [31] ČSN EN ISO 2061 (80 0709) – Textilie – Zjišťování zákrutů nití – Metoda přímého počítání. Český normalizační institut, 1997
- [32] ČSN 80 1900 - Textilní odpady. Základní názvosloví. Úřad pro normalizaci a měření, 1983

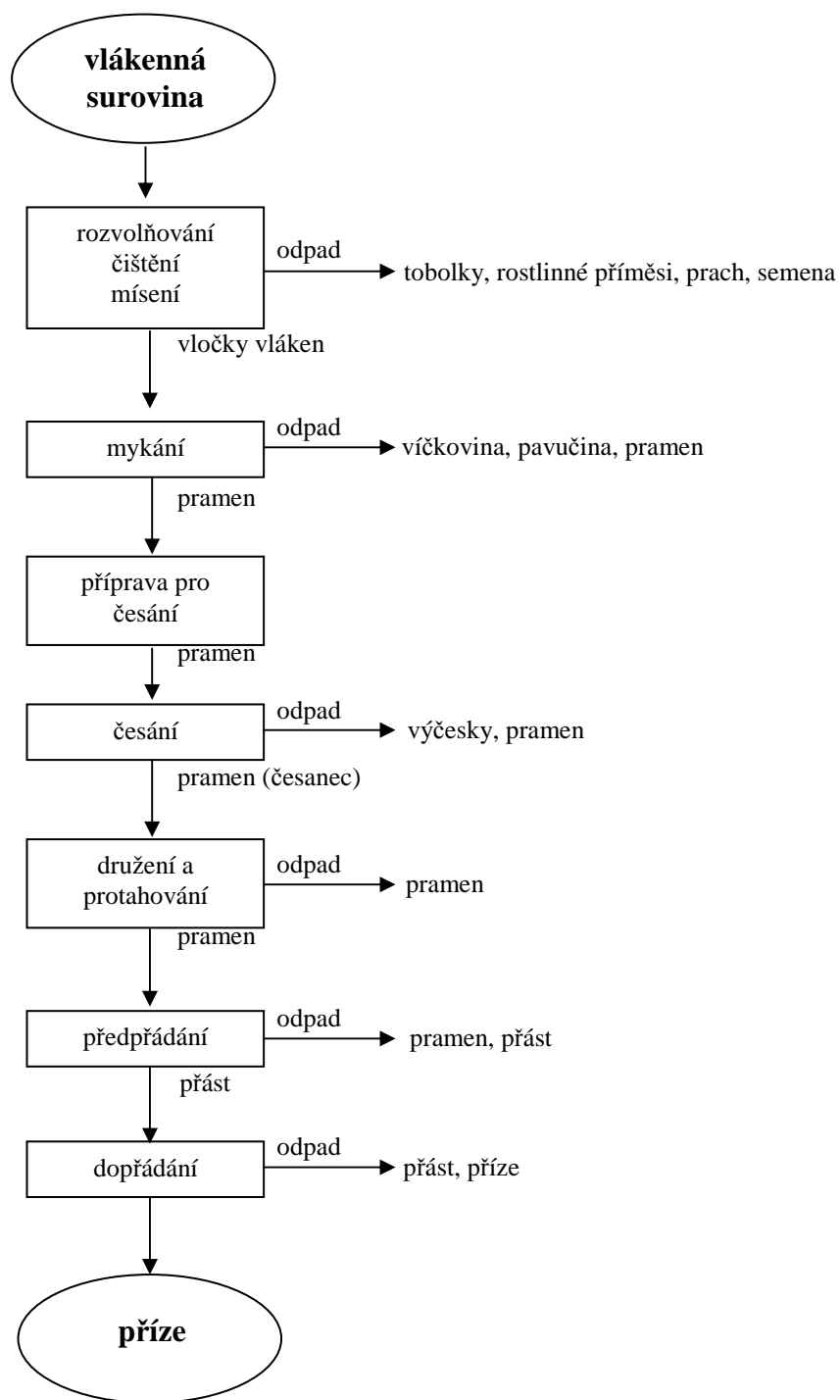
Internetové odkazy:

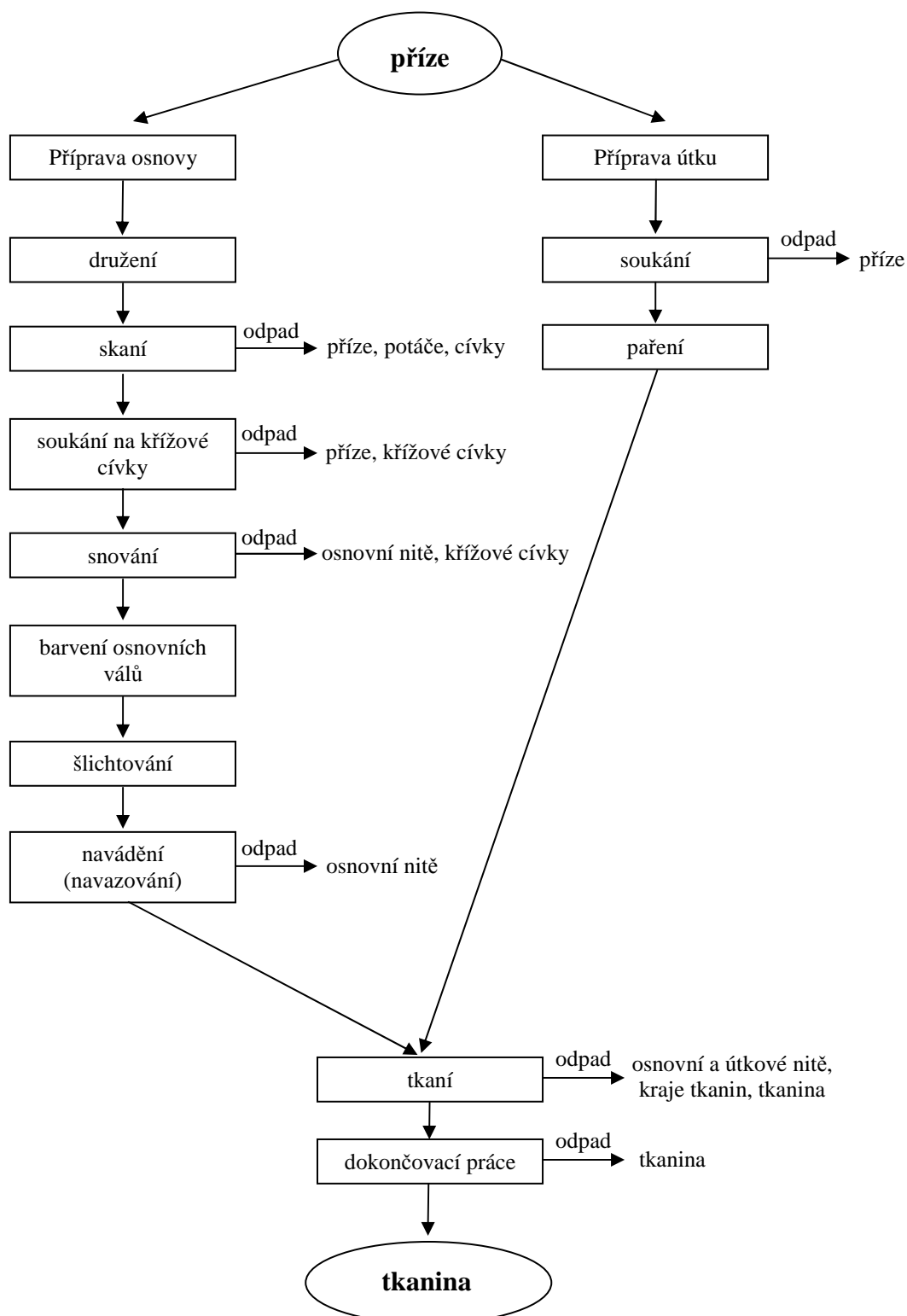
- [33] [http://etext.czu.cz/img/skripta/64/tf\\_43e-1.pdf](http://etext.czu.cz/img/skripta/64/tf_43e-1.pdf)
- [34] [www.ommi.it](http://www.ommi.it)
- [35] [www.csu.cz](http://www.csu.cz) – Český statistický úřad
- [36] [www.retex.cz](http://www.retex.cz)
- [37] [www.trutzschler.com](http://www.trutzschler.com)
- [38] [www.env.cz](http://www.env.cz) – ministerstvo životního prostředí

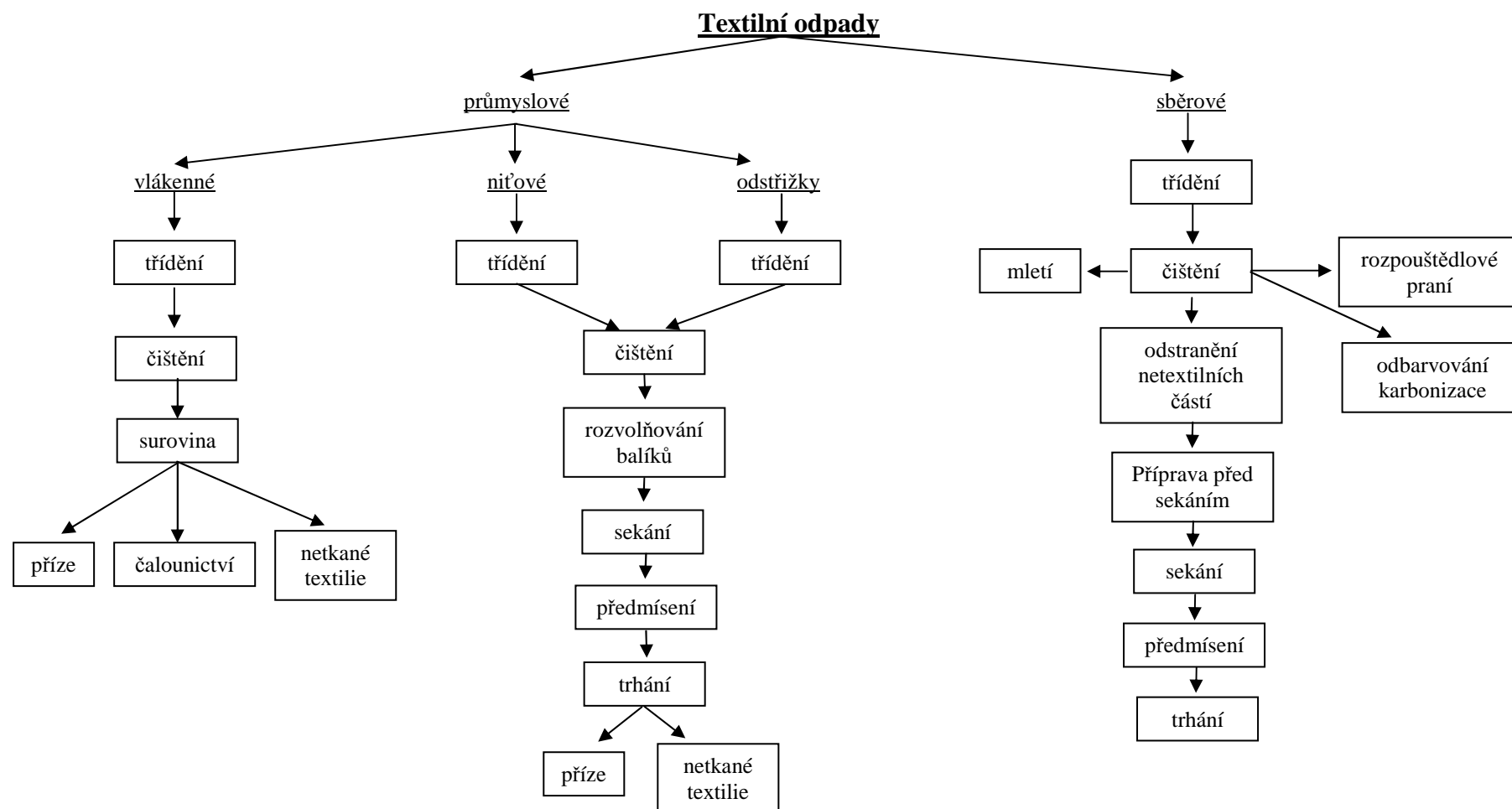
- [39] <http://www.textilemachinerymanufacturing.com> – firma Lidem
- [40] [www.befama.com](http://www.befama.com)
- [41] [www.temafa.de](http://www.temafa.de)
- [42] [www.laroche.fr](http://www.laroche.fr)
- [43] [www.rieter.com](http://www.rieter.com)
- [44] [www.gualchierani.it](http://www.gualchierani.it)
- [45] [http://centrum.vslib.cz/centrum/centrum/1Projektovani/1.1\\_zaverecne\\_zpravy/%5B1.1.08%5D.pdf](http://centrum.vslib.cz/centrum/centrum/1Projektovani/1.1_zaverecne_zpravy/%5B1.1.08%5D.pdf) – Voborová J., Sekce B, Textilní materiály a konstrukce textilních výrobků
- [46] <http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/files/20060425/jakost3.pdf> - Militký Jiří, Řízení jakosti 3, jakost vláken, jakost přízí, jakost textilií
- [47] <http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/files/20060425/jakost2.pdf> - Militký Jiří, Řízení jakosti 2
- [48] [www.uster.com](http://www.uster.com)
- [49] [http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/files/20061005/6-rostlinna\\_vlakna.pdf](http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/files/20061005/6-rostlinna_vlakna.pdf) - skripta
- [50] <http://www.ft.tul.cz/depart/ktt/default.htm> - rotor spinning
- [51] <http://www.ft.tul.cz/depart/ktt/default.htm> - přístroje



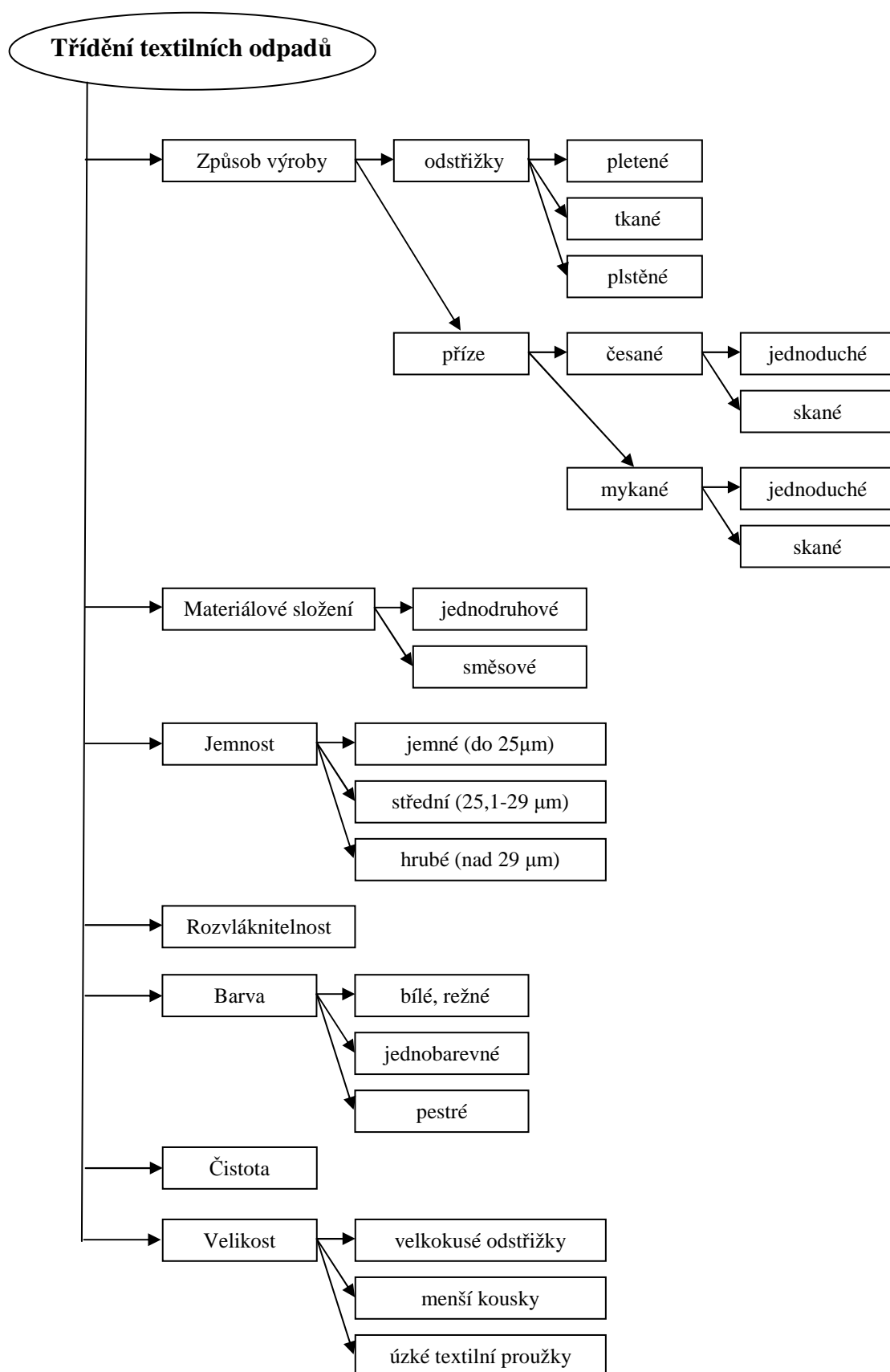
## **Přílohy**

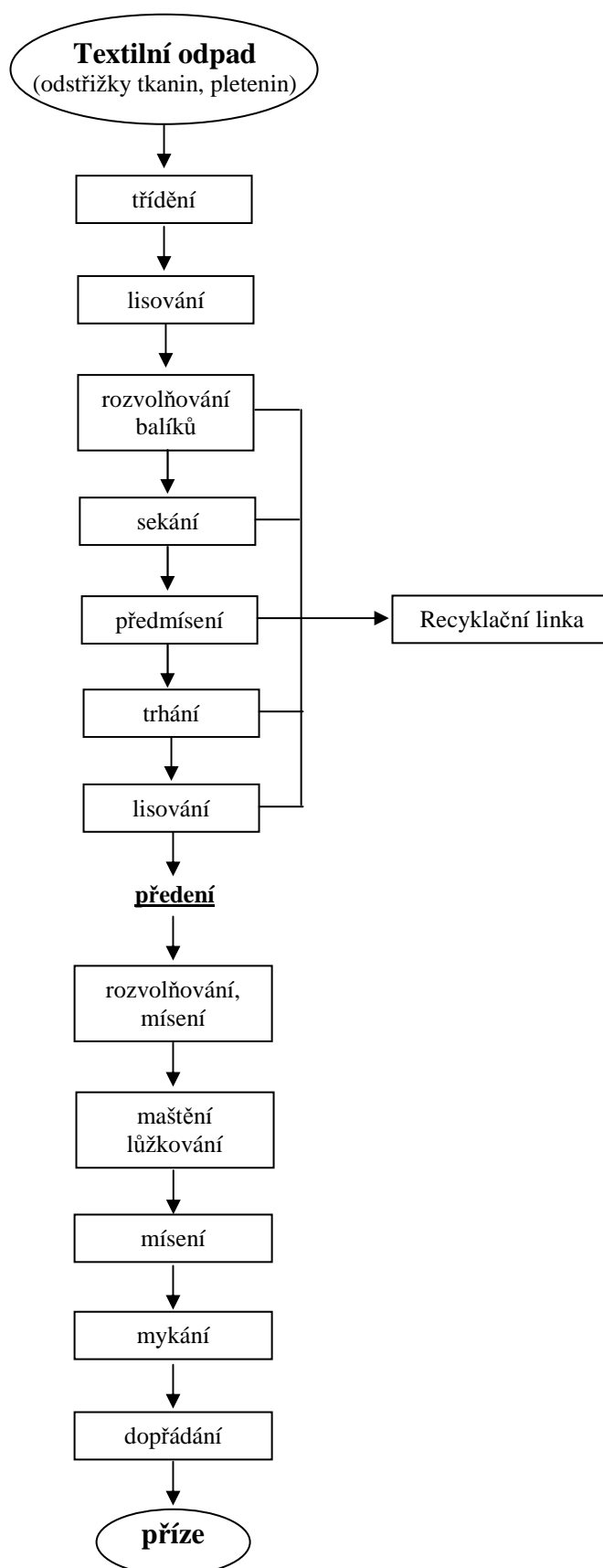
**Přehled odpadů vznikajících v přádelně [10]**

**Přehled odpadů vznikajících v tkalcovně**

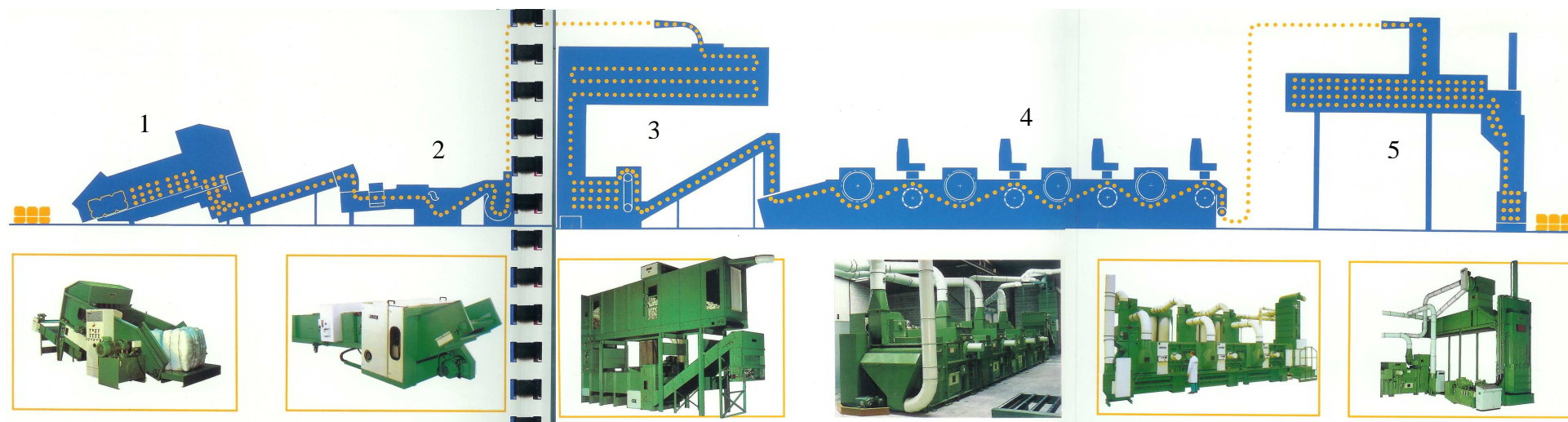
**Dělení textilních odpadů a technologický postup zpracování**

## Třídění textilních odpadů



**Technologické schéma postupu zpracování odpadů do příze**

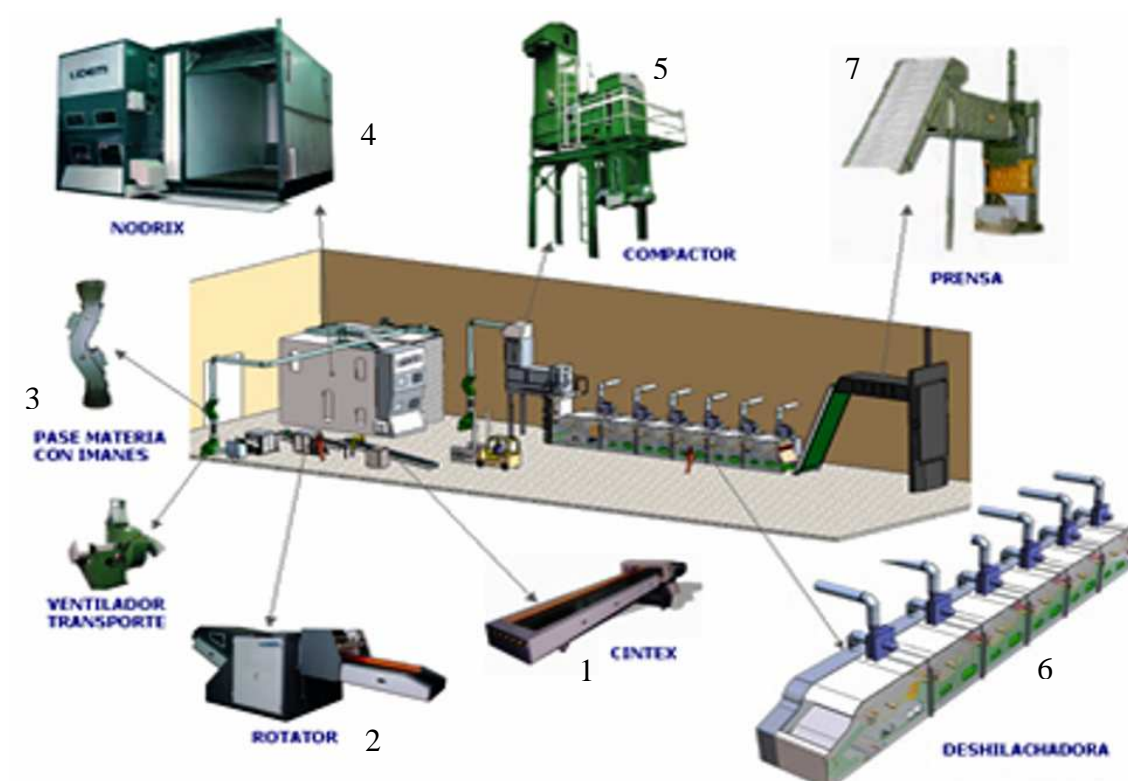
## Recyklační linka LAROCHE (Francie)



### Složení linky:

1. rozvolňovač balíků
2. sekací stroj
3. směšovací a zásobní silo
4. trhací linka
5. lis

## Recyklační linka LIDEM (Španělsko)



### Složení linky:

1. pásový dopravník s detektorem kovových příměsí
2. sekací stroj
3. ventilátor + permanentní magnet
4. směšovací komora
5. zásobní silo
6. trhací linka
7. lis



## Sekací stroje

Rotační sekací stroj AC39A (Befama)



Rotační sekací stroj CRS5 10NA (Lidem)



Rotační sekací stroj 231 (Laroche)



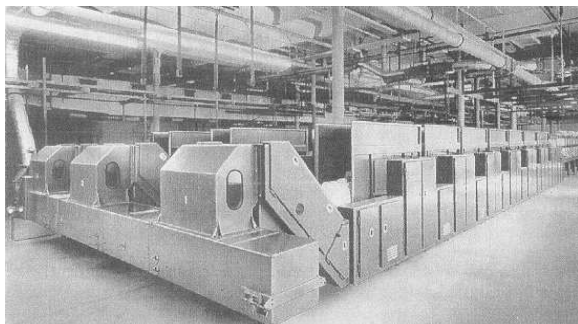
Gilotinový sekací stroj S – 600 (Retex)



## Rozvolňovací stroje

### 1. Automatické

#### MZA (Trützschler)



celkový pohled



rozvolňovací prvek

#### Blendomat BO-A (Trützschler)



celkový pohled



rozvolňovací prvek

#### Unifloc A 11 (Rieter)



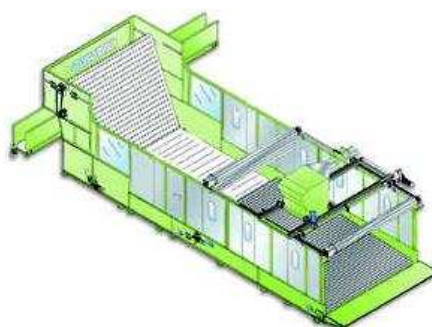
celkový pohled



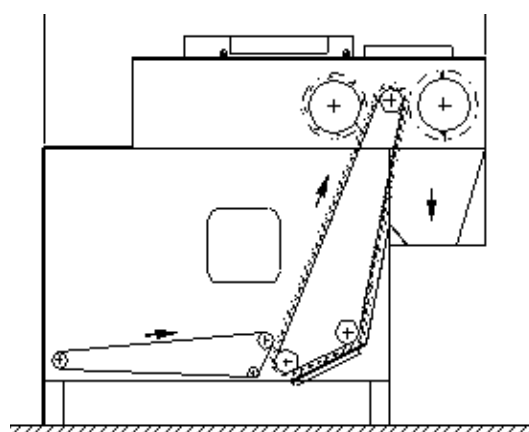
rozvolňovací prvek

## 2. Se šikmým ohročeným pásem

### CAB/Cond (Omni)



### Rozvolňovač balíků (Temafa)

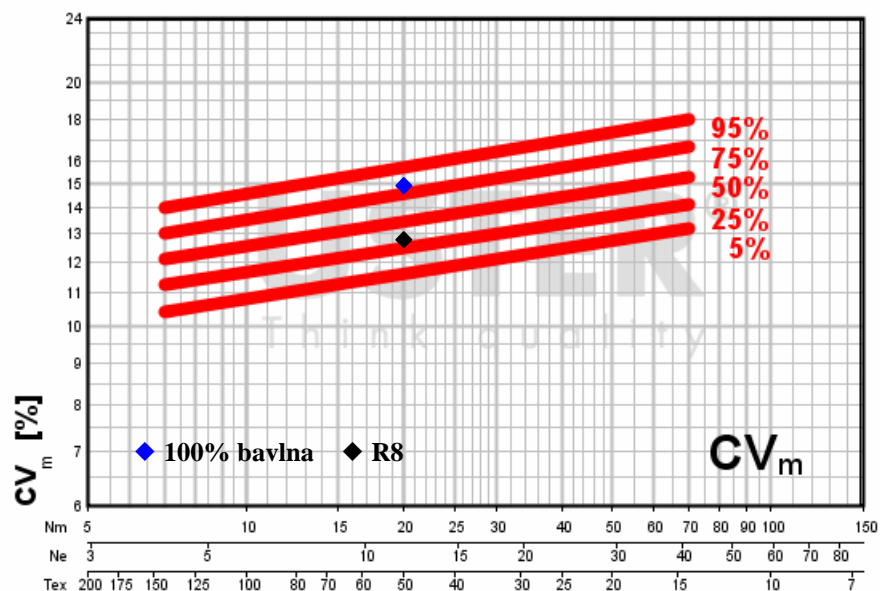




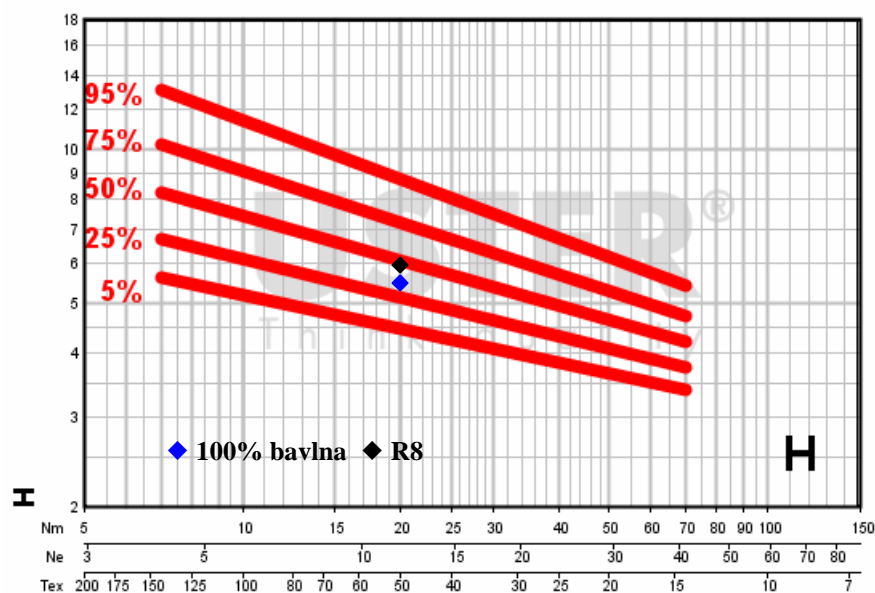
**Víčkový mykací stroj TC 07 (Trützschler) [37]****Displej řídicího panelu počítače [37]**

## Porovnání kvality příze s Uster Statistics 2007

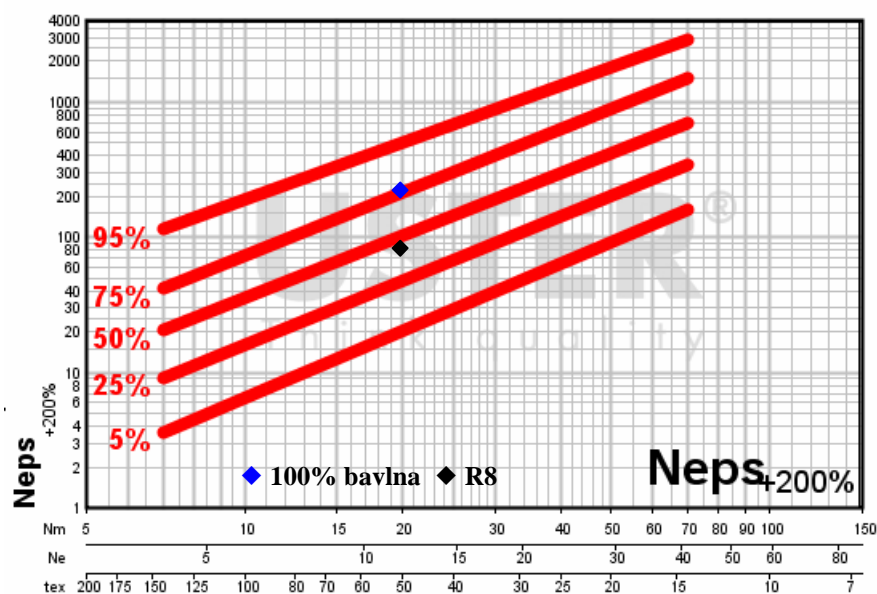
### Strojová nestejnoměrnost



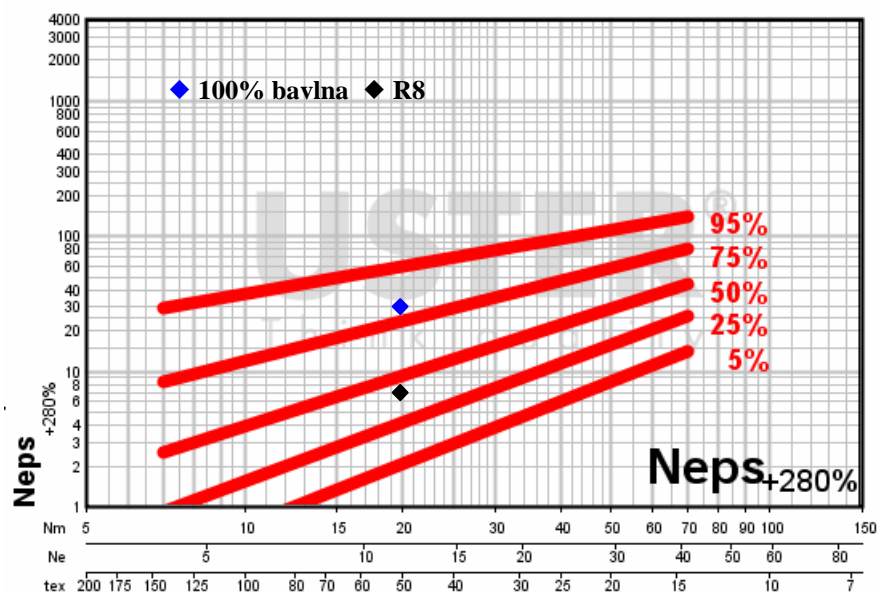
### Chlupatost



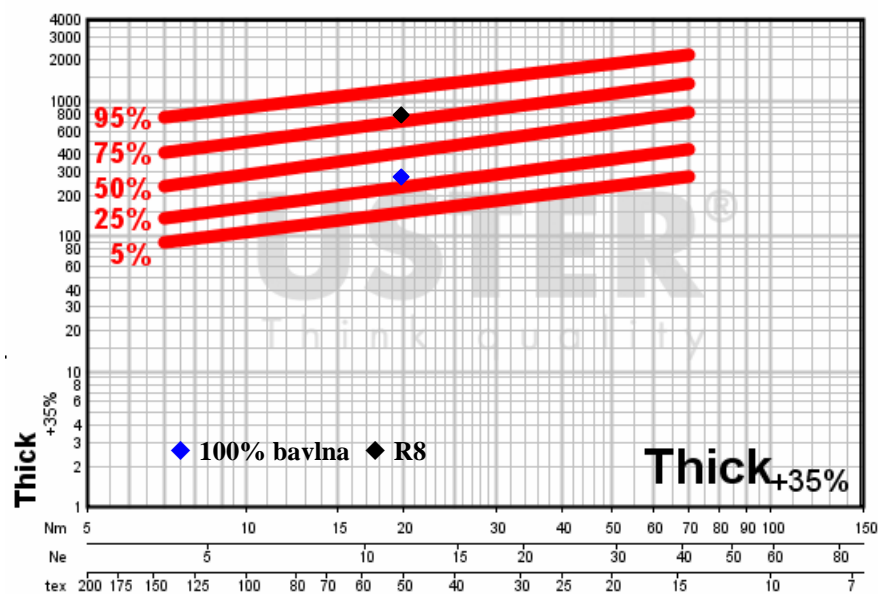
Nopky (citlivost +200%)



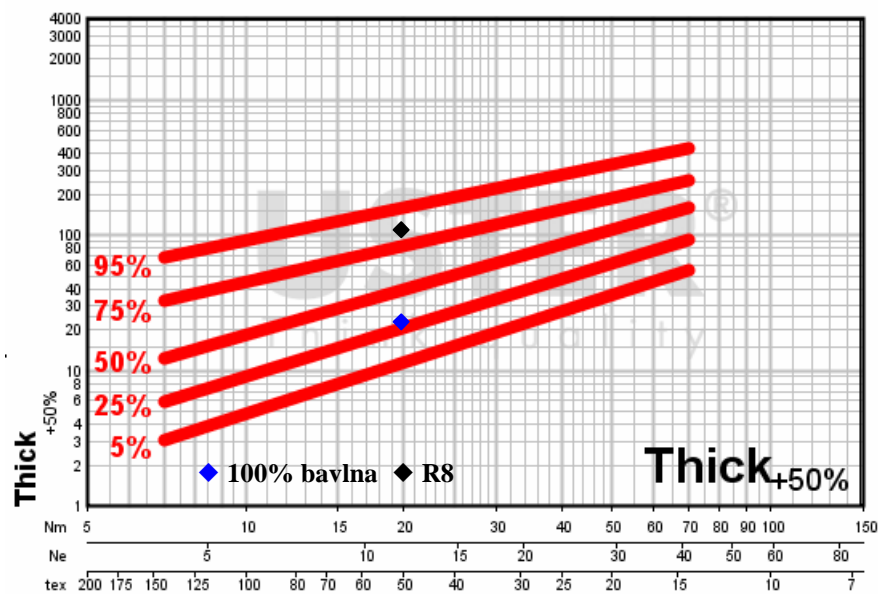
Nopky (citlivost +280%)



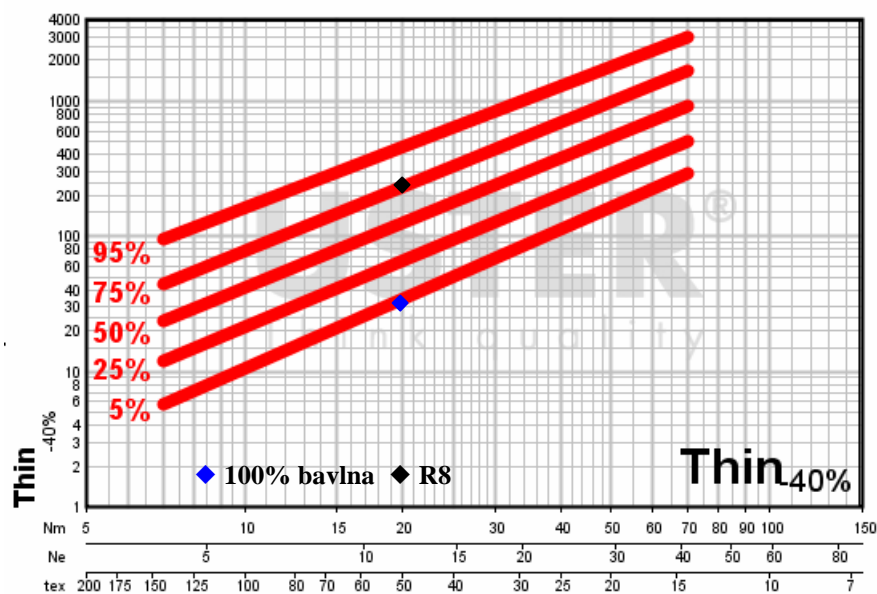
Silná místa (citlivost +35%)



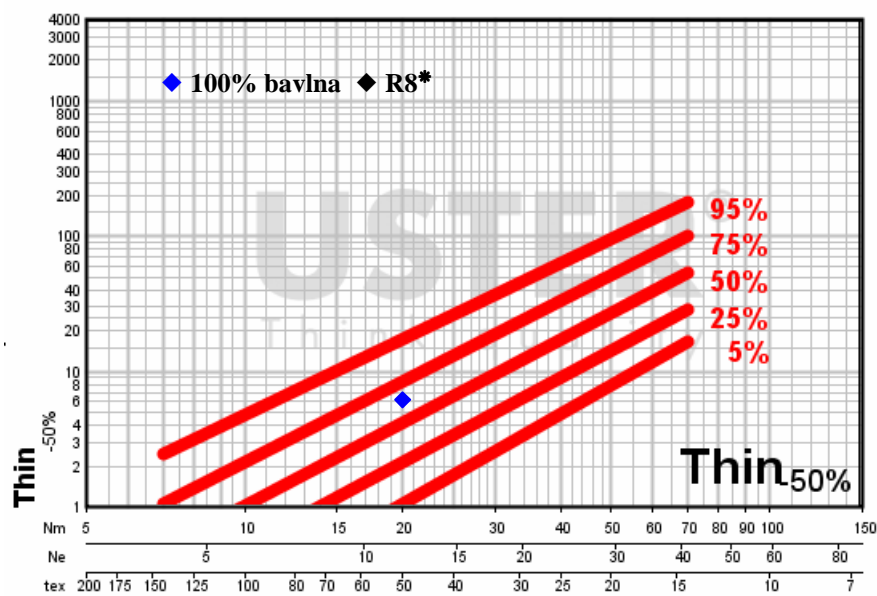
Silná místa (citlivost +50%)



## Slabá místa (citlivost -40%)



## Slabá místa (citlivost -50%)

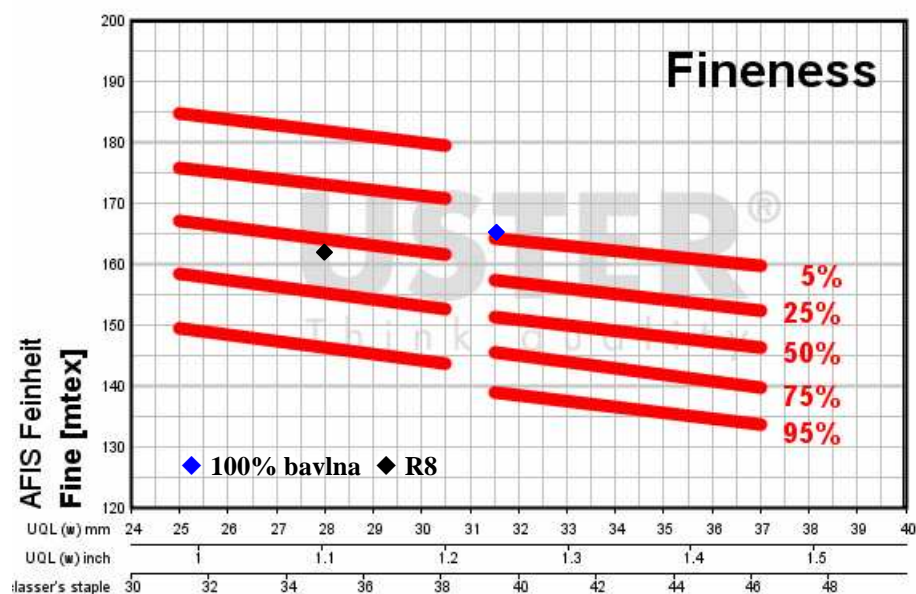


\* pozn. slabá místa u R8 vyšla velmi malá

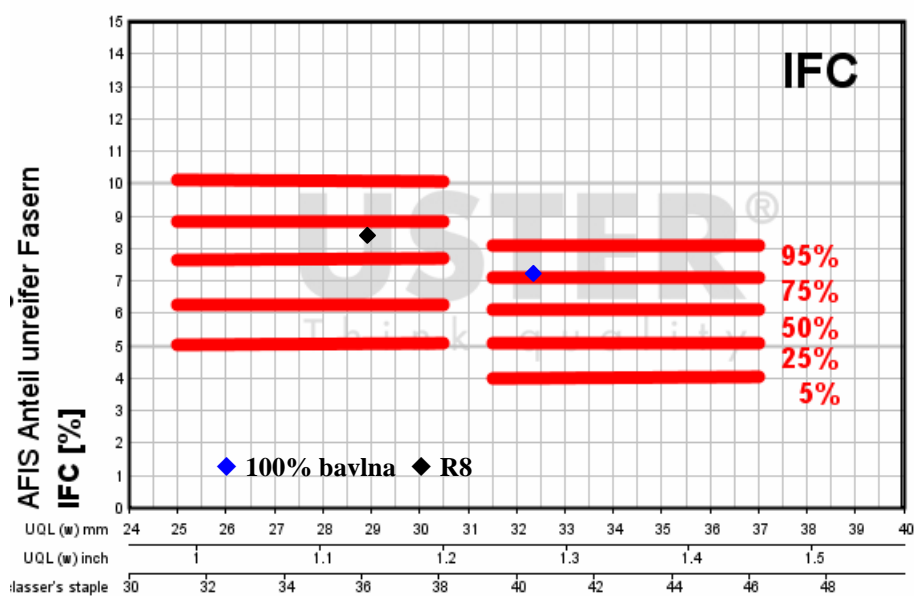


## Porovnání kvality suroviny z AFISu s Uster Statistics 2007

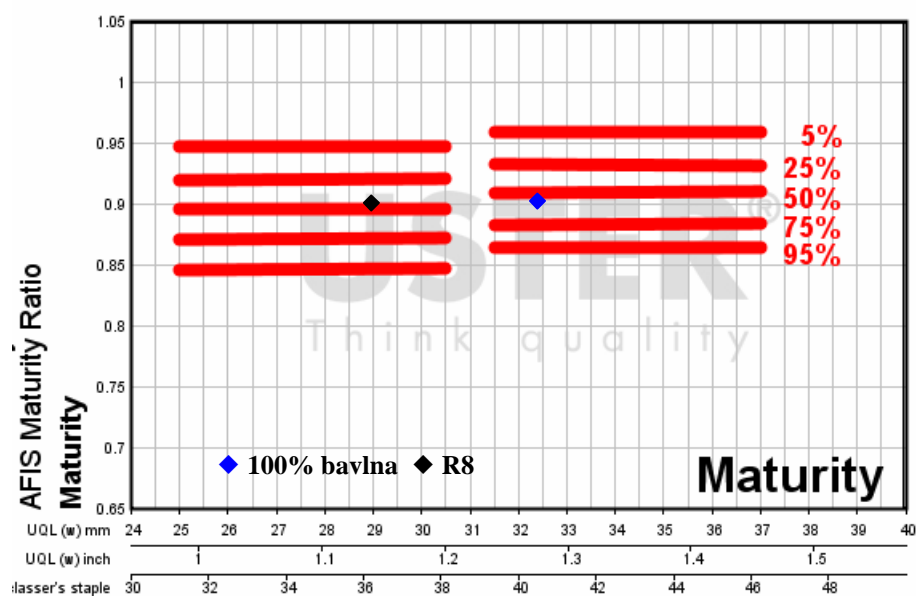
Jemnost



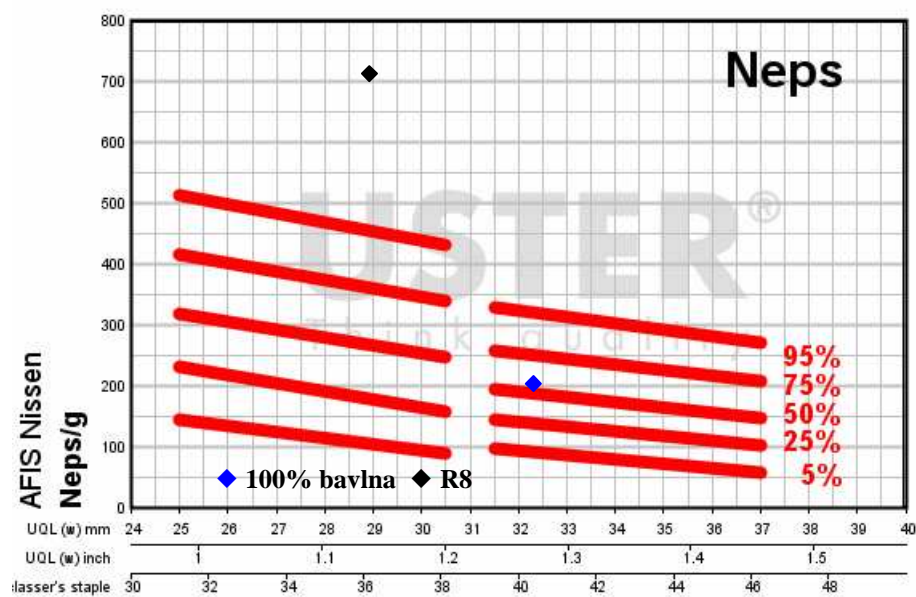
Množství nezralých vláken



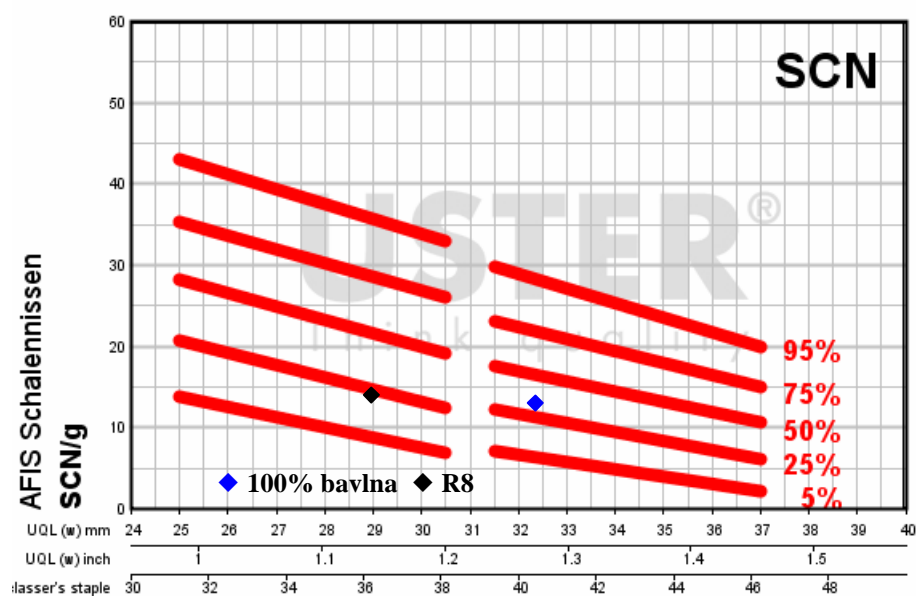
## Zralost



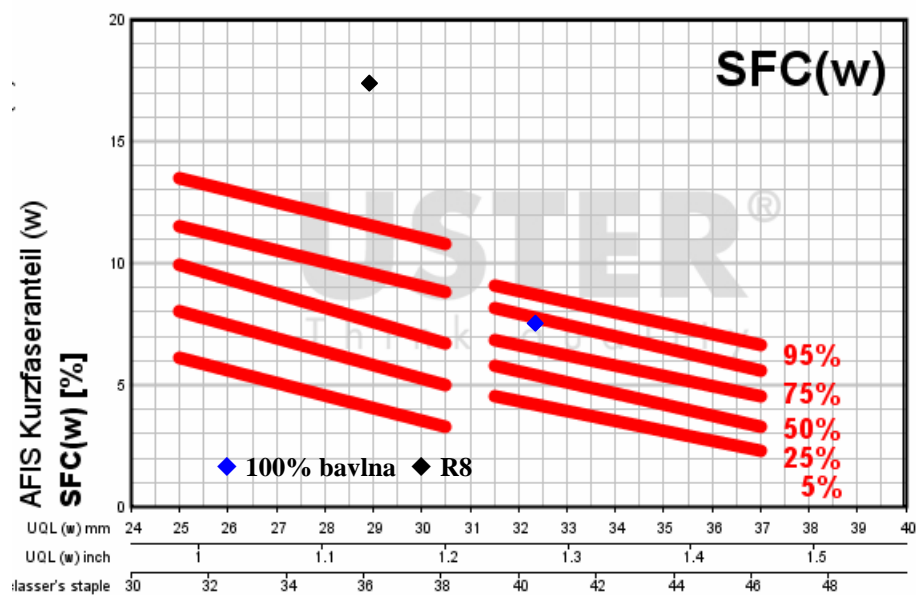
## Nopky



Počet semenných nopků

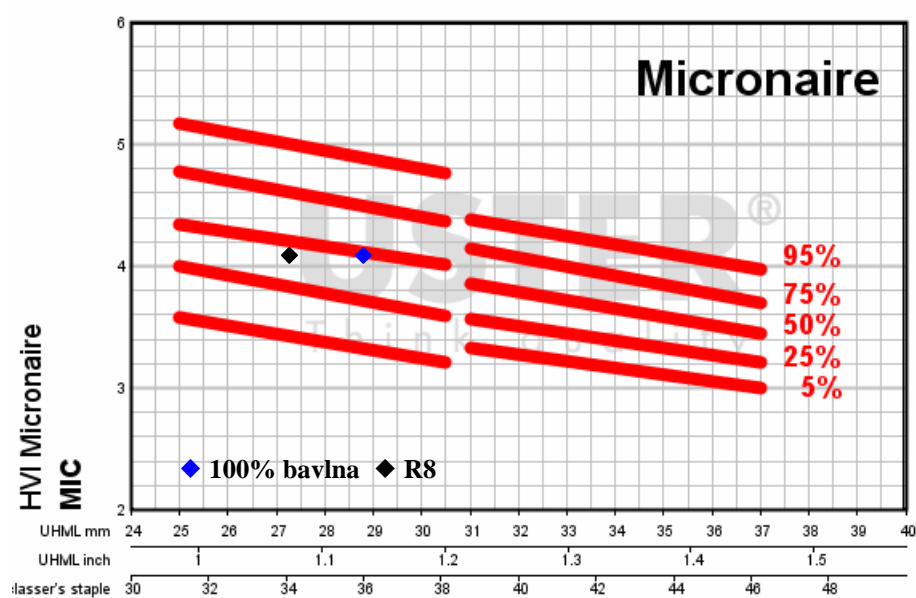


Podíl krátkých vláken



## Porovnání kvality suroviny HVI s Uster Statistics 2007

Jemnost



Pevnost

